



LE SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

DU MÊME AUTEUR

Les Fonctions du cerveau. 1 vol. in-8° de 470 pages, 2e édit. Paris, libr. du Progrès médical; F. Alcan, 1892.

Article Cerveau du *Dictionnaire de Physiologie* de Ch. Richet, t. II, gr. in-8°, 311 pages (547-670; 788-976). Paris, F. Alcan, 1896.

CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.

LE

SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

STRUCTURE ET FONCTIONS

HISTOIRE CRITIQUE DES THÉORIES ET DES DOCTRINES

PAR

JULES SOURY

Docteur de la Faculté des lettres de l'Université de Paris
Directeur d'Études à l'École pratique des Hautes Études à la Sorbonne
(Histoire des doctrines de psychologie physiologique contemporaines)



PARIS

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS

3, RUE RACINE, 3

—

1899

ROLE DE L'ÉCORCE CÉRÉBRALE EN GÉNÉRAL

Fonctions de l'écorce cérébrale chez les vertébrés inférieurs. — Le premier problème de physiologie cérébrale, celui de la nature des *fonctions les plus anciennes de l'écorce du cerveau antérieur,* n'a reçu que naguère une solution scientifique, fondée sur l'embryologie et l'anatomie comparée. Chez les Amphibiens et chez les Reptiles, le rudiment de l'écorce cérébrale n'est guère relié qu'avec l'appareil olfactif. Tous les autres appareils des sens n'ont été reliés à l'écorce que postérieurement à l'établissement de ces rapports primitifs de l'appareil olfactif avec le manteau des hémisphères cérébraux. La pensée a donc commencé, dans la série des vertébrés, par l'élaboration des perceptions olfactives. Nous connaissons ainsi la nature des sensations spéciales qui, pour la première fois, trouvèrent, dans le télencéphale, un substratum anatomique, condition de la conservation et de l'association des souvenirs de ces sensations avec d'autres modes de sentir, inégalement développés. Phylogéniquement, l'écorce cérébrale la plus ancienne, reliée par des faisceaux de fibres nerveuses au lobe olfactif, a servi aux perceptions du sens de l'olfaction. Chez les Reptiles, outre le lobe olfactif lui-même, toute l'aire de la base du cerveau et une grande partie du « ganglion de la base » (*corpus striatum*) appartiennent encore à l'appareil olfactif.

Le manteau qui s'étend au-dessus de l'appareil olfactif, relativement petit par rapport à cet appareil, contient pour la première fois une écorce régulière (1). Des cellules épithéliales de la muqueuse olfactive entre lesquelles elles se trouvent, les fibres olfactives gagnent le *lobus olfactorius* où elles s'arborisent dans les dendrites des cellules mitrales. Les cylindraxes des cellules mitrales se terminent, sous forme de *radiation olfactive,* en partie dans l'écorce du lobe olfactif, en partie dans la couche des fibres tangentielles de l'écorce cérébrale et dans le réseau sous-cortical; une autre partie, renforcée de faisceaux provenant du lobe lui-même, va dans l'*épistriatum.* Des stations terminales de la voie olfactive

(1) L. Edinger. *Untersuchungen üb. die vergleichende Anat. des Gehirns.* 3. *Neue Studien über das Vorderhirn der Reptilien.* Abhand. der Senckenberg. naturf. Gesellsch. Frankf. a. M., 1896.

secondaire sortent encore des voies tertiaires, appartenant toujours au système de l'*olfactorius*; parmi les faisceaux les plus complexes de ce système est celui qui se rend au *ganglion de l'habénule,* constituant la partie principale du *taenia thalami* : il relie le territoire de l'*aire olfactive* (*area olfactoria*), désigné, chez les mammifères, du nom de *lobus olfactorius posterior,* avec le *cerveau intermédiaire* (*Zwischenhirn*). Du lobe olfactif et de l'aire olfactive de la base du cerveau un faisceau monte à l'écorce du manteau où il se termine : ce *faisceau olfactif* représente *la première connexion connue d'un appareil des sens avec l'écorce du cerveau* (fig. 4).

Peut-être existe-t-il déjà pourtant chez les Amphibiens; ce n'est, en tout cas, que chez les Reptiles qu'on peut démontrer son existence. Par

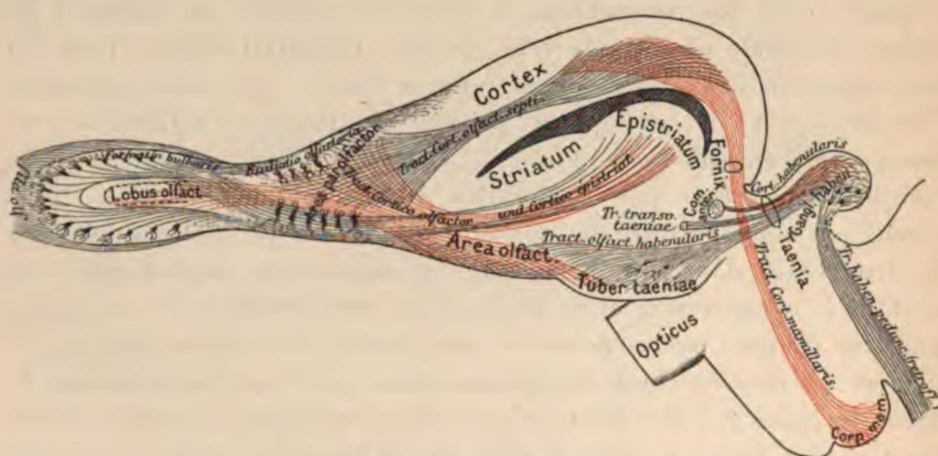


Fig. 4. — Appareil olfactif des Reptiles (Edinger).

la commissure antérieure et les commissures du manteau (*psalteria*) passent les fibres qui réunissent les parties semblables des deux hémisphères, reliant ainsi les territoires olfactifs, et ces territoires seulement, du cerveau des reptiles. Comparé à l'appareil olfactif, tout le reste du cerveau antérieur des reptiles semble de peu d'importance. L'écorce de ce cerveau a été bien étudiée par Edinger au moyen de la méthode de Golgi. Outre une couche stratifiée de cellules pyramidales, elle contient d'autres neurones situés en dehors de cette couche. Un puissant plexus de fibres tangentielles la parcourt; elle envoie et reçoit des faisceaux de fibres nerveuses. Il n'y a aucun point de cette écorce, aucune cellule nerveuse qui ne puisse entrer en rapport avec d'autres points au

moyen de prolongements nerveux. « L'anatomie fine de cette écorce démontre, dit EDINGER, que déjà dans un cerveau de structure si peu élevé, des possibilités d'*associations*, en nombre infini, se trouvent réalisées. » On n'y a pourtant pas encore découvert de longues voies d'association proprement dites, même chez les grands reptiles, dont l'écorce se distingue souvent de celle des petits par un plus haut développement, en particulier par la plus grande épaisseur des voies courtes d'association. En dehors des faisceaux appartenant à l'appareil olfactif, aucun autre faisceau important ne saurait être suivi avec sûreté dans l'écorce des Reptiles, quoiqu'on doive considérer comme très vraisemblable l'existence d'un faisceau cortical allant au *tectum mesencephali*, où se terminent le nerf optique ainsi qu'une grande partie des fibres sensitives : cette *radiation optique*, allant des centres de l'opticus à l'écorce, est d'ailleurs ici peu apparente et ne se décèle que lorsqu'on connaît bien le puissant développement de ce même faisceau chez les Oiseaux. On doit encore signaler un faisceau qui de l'écorce du pôle frontal irait se terminer dans le thalamus, première apparition d'une *radiatio thalamo-corticalis*, si développée chez les mammifères.

Les *Reptiles* sont, d'après EDINGER, les premiers vertébrés qui possèdent une écorce mieux développée. Mais le rôle de cette écorce est encore tout à fait restreint et spécial, car elle ne sert pour la plus grande part qu'à l'appareil olfactif, et les ganglions de la base sont déjà en rapport avec lui, abstraction faite du faisceau basal qui y a ses cellules d'origine. Les fibres du tractus olfactorius qui sont la continuité des cellules mitrales du *bulbus olfactorius* se terminent dans les parties antérieures du télencéphale à peu près là où EDINGER indique la région de ses *area parolfactoria* et *area olfactoria*. « J'admets donc, peut-être sans être tout à fait d'accord avec EDINGER, écrit KÖLLIKER, que dans les cellules de cette aire se terminent tous les éléments de la *voie olfactive secondaire* issue des cellules mitrales et qu'une nouvelle voie olfactive, de *troisième ordre*, commence avec les axones des cellules constitutives de cette aire. » Telles seraient les voies allant au télencéphale qu'EDINGER appelle *tractus cortico-epistriatus*, *tractus bulbo-corticalis*, *tractus olfactorius septi*. KÖLLIKER fait particulièrement ressortir l'importance de la découverte d'un *tractus olfactorio-habenularis*, passant dans la *taenia thalami*, car cette découverte jette une vive lumière sur une connexion qui se retrouve aussi chez les mammifères, celle de la *taenia thalami* avec la base du cerveau dans la région du corps strié (1).

KÖLLIKER relève encore l'importance, parmi les voies tertiaires, du *tractus olfactorius septi*. EDINGER l'a prouvé, l'écorce de la face interne du télencéphale des Reptiles correspond à la corne d'AMMON des Mammifères. Ainsi le télencéphale des Reptiles est, dans une partie de sa base, une station de terminaison de la voie olfactive de deuxième ordre, et, sur une grande portion de son écorce, ainsi que peut-être dans le ganglion de la base, une

(1) A. KÖLLIKER. *Handbuch der Gewebelehre d. Menschen.* 6te Aufl., 1896, II, 824 sq. Cf. 815.

station terminale de la voie olfactive de troisième ordre. Quoique le cerveau antérieur des Reptiles possède peut-être d'autres connexions encore, qu'une mince *radiation optique* paraisse se terminer dans son écorce (EDINGER), et qu'une *radiatio thalamo-corticalis* se dessine déjà pour la première fois chez ces vertébrés, « le cerveau des Reptiles est et demeure surtout un « cerveau olfactif » (*Riechhirn*), et le grand mérite d'avoir établi démonstrativement ce fait revient à EDINGER » (1).

Dans le *bulbus olfactorius* du **rhinencéphale** se terminent les fibres amyéliniques des cellules olfactives de la muqueuse olfactive, les *fila olfactoria* ; l'arborisation de ces fibres a lieu dans les *glomeruli olfactorii*, où se ramifient les dendrites de grosses et de petites cellules (cellules mitrales et cellules à panache périphériques). La voie olfactive secondaire est constituée par les cylindraxes des cellules mitrales qui s'arborisent dans différentes parties du cerveau, dans le *lobus olfactorius* et le *lobus piriformis*, d'où partent de nouvelles voies dont la terminaison n'est pas encore exactement connue. Au rhinencéphale appartiennent encore la *corne d'*AMMON et la *fascia dentata*, le *lobus hippocampi*, le *fornix*, le *septum pellucidum* et la *commissura anterior*.

Chez tous les mammifères, même chez les microsmatiques, le *bulbus olfactorius* présente, au cours de son développement, une cavité interne, le *ventriculus olfactorius*, *ventriculus bulbi olfactorii*, en rapport avec la corne antérieure du ventricule latéral, cavité qui persiste sans doute durant toute la vie chez tous les mammifères macrosmatiques et conserve par un étroit canal ses rapports avec les ventricules latéraux.

Quelque différent que soit le développement du *bulbus olfactorius* dans la série des mammifères, il est chez tous essentiellement le même, enseigne KÖLLIKER, macroscopiquement comme microscopiquement, et peut être considéré comme « une partie transformée de l'écorce cérébrale où les *fila olfactoria* occupent la place du *stratum zonale* » (2). Il distingue donc, chez les mammifères macrosmatiques et microsmatiques, dans le *bulbus olfactorius*, du moins dans le *bulbe principal*, les stratifications suivantes :

1. La couche des *fila olfactoria* ;
2. Le *stratum glomerulorum* ou la couche des *glomeruli* ;
3. Le *stratum griseum*, ou couche grise, correspondant à la couche grise de l'écorce cérébrale et qui se subdivise en

a) *Stratum moleculare s. gelatinosum*, constitué de petites et de grosses cellules nerveuses et

b) Couche des cellules pyramidales géantes, des cellules mitrales ;

4. La *substance blanche*, la couche des fibres nerveuses ou couche des grains.

---

(1) Nous ne devons pas omettre de noter que, au sujet des *lobi anteriores* ou ganglions de la base, qui sont tout le cerveau antérieur des Téléostéens (RABL-RÜCKARD), KÖLLIKER s'étonne que ni EDINGER ni VAN GEHUCHTEN n'aient rien dit de précis sur les rapports des ganglions de la base des Poissons avec la *radiation olfactive*. FRITSCH a vu les fibres radiculaires de l'*olfactorius* pénétrer dans la commissure de ces lobes cérébraux. Les deux commissures de BELLONCI rappelleraient celles qu'a décrites VAN GEHUCHTEN. « Le ganglion de la base appartient bien, de même que le *ganglion habenulae*, si mon interprétation est juste, à la *voie centrale de l'olfaction*. » Il semble également possible de localiser dans le ganglion de la base la *voie centrale de l'opticus*, si l'on parvient à démontrer que des fibres centripètes parties des neurones du *lobus opticus* s'arborisent dans ce ganglion.

(2) KÖLLIKER. *Ibid.*, II, 692 sq. Cf. PEDRO RAMON. *El Encefalo de los Reptiles*. Barcel., 1891. *Estructura del encefalo del camaleon*. Rev. trim. microgr. (Madrid, 1896), I, 46-83 ; 149.

Ainsi, il n'y a point de doute que la plus grande partie de l'écorce du cerveau des Reptiles ne soit une « écorce olfactive » (*Riechrinde*). Que l'écorce cérébrale, là où elle se montre pour la première fois dans la série des vertébrés, ne soit que le centre d'un seul sens, celui de l'olfaction ; que toutes les associations psychiques que cette écorce réalise, tous ses souvenirs, toutes ses images mentales appartiennent à ce sens unique, c'est là, au sentiment d'Edinger comme au nôtre, un des résultats les plus considérables que l'anatomie comparée ait livrés à l'étude des fonctions du cerveau, à celle de la psychologie comparée. Avant d'inaugurer, d'une façon scientifique, de pareilles études, il fallait savoir quelles impressions des sens, quelles perceptions les vertébrés inférieurs avaient d'abord élaborées, conservées, associées sous la forme de symboles de la pensée.

Edinger, à qui l'on doit surtout cette découverte, avait du reste déjà indiqué que l'écorce du cerveau des reptiles correspondait, en tout ou en partie, à la corne d'Ammon, région du cerveau des mammifères dont les rapports avec l'olfaction sont bien établis. Les nouvelles études de ce savant ont confirmé ces vues. S'il n'est pas encore possible de dire jusqu'à quel point l'écorce du cerveau des reptiles correspond uniquement à la corne d'Ammon et à tout le *gyrus limbicus*, et si d'autres centres ne s'y rencontrent point déjà, au moins la plus grande partie de cette écorce est-elle bien en rapport avec l'appareil olfactif. Ajoutez qu'elle donne naissance à un *fornix*, où Edinger a pu démêler deux faisceaux, dont l'un va au *corps mamillaire*, l'autre au *ganglion de l'habénule*. Pour Edinger, les connexions et le développement de ce ganglion, qui varient chez les mammifères avec l'importance relative de l'appareil olfactif, indiquent qu'il fait partie de cette province du système nerveux central. Des fibres provenant du *taenia thalami*, et remontant du territoire olfactif, aboutissent certainement, en grand nombre, dans le ganglion de l'habénule. En tous cas, le *taenia thalami* et le *ganglion habenulae* sont atrophiés, chez l'homme, comme l'appareil olfactif. Si l'écorce de la face interne du cerveau des reptiles correspond à la *corne d'Ammon*, s'il en naît un *fornix*, les commissures qui réunissent ces territoires corticaux doivent être l'analogue du psalterium. Dans les cerveaux des marsupiaux et des monotrèmes étudiés jusqu'ici, le corps calleux fait défaut : les commissures de ces cerveaux doivent être considérées comme une formation identique aux fibres blanches de la lyre de David, parce qu'elles ne réunissent que des parties des deux circonvolutions d'Ammon.

Du cerveau des Reptiles à celui des Marsupiaux le progrès accompli est bien plus petit que du cerveau des Marsupiaux à celui de l'Homme. G. Elliot Smith (Sidney), après Zuckerkandl et Edinger, a fait connaître

les relations de l'hippocampe avec le lobe olfactif (1) : il a pu suivre les fibres de la racine olfactive interne qui, comme cylindraxes des cellules mitrales, au sortir du bulbe olfactif vont, sous forme de collatérales et d'arborisations terminales, se mettre en contact avec les expansions protoplasmiques des cellules du lobe piriforme (*uncus*).

Le cylindraxe de quelques-unes des cellules mitrales a été suivi jusqu'à l'extrémité antérieure de l'hippocampe. L'espace quadrilatère de Broca, l' « aire précommissurale », amas de matière grise servant de station intermédiaire entre le lobe olfactif et l'hippocampe, ainsi que la *lamina terminalis (septum pellucidum)*, sont composés de cellules pyramidales à prolongements protoplasmiques descendants, qui envoient leurs cylindraxes vers la périphérie de l'écorce de l'hippocampe : les dendrites des cellules de l'espace quadrilatère reçoivent les arborisations terminales des fibres de la racine olfactive interne. Ces grandes cellules vont, par l'*alveus*, s'arboriser dans les dendrites des cellules pyramidales de l'hippocampe : d'autres pénètrent dans la *fimbria*, probablement pour se terminer de la même manière dans l'hippocampe. Les cylindraxes des cellules mitrales montent aussi jusqu'à la couche moléculaire de la *fascia dentata*, où elles s'arborisent dans les dendrites des cellules des grains de cette région, ce qui implique que ces dernières seraient des neurones de « réception », dont la fonction serait, par conséquent, comparable à celles des grosses cellules de l'espace quadrilatère; les fins cylindraxes des grains de la *fascia dentata* conduiraient enfin, de leur côté, jusqu'aux cellules pyramidales de l'hippocampe, les excitations parties du bulbe olfactif. *Ces deux faisceaux* iraient donc *du bulbe olfactif à l'hippocampe*. Grâce à l'absence du corps calleux, ces connexions apparaissent, chez les monotrèmes et les marsupiaux, avec une évidence qu'on ne saurait rencontrer chez les mammifères placentaires.

Le groupe des Monotrèmes constitue donc un stade extrêmement important dans l'histoire de l'évolution du cerveau des mammifères. La structure comparée de l'encéphale de l'Ornithorhynque et de l'Échidné n'est bien connue que depuis les travaux de G. Elliot Smith (2).

Dans l'espèce de vaste goufre qui sépare des Reptiles les Prototheria, les hémisphères de l'ornithorhynque présentent maints traits d'une ressemblance étroite avec les reptiles, permettant d'entrevoir un certain nombre de caractères de transition. L'énorme développe-

---

(1) *The connection between the olfaltory Bulb and the Hippocampus*. Anat. Anzeiger, 1895, X, 470-4.

(2) V. G. Elliot Smith (University of Sidney), *The structure of the cerebral hemisphere of ornithorhynchus*. The Journ. of anat. and physiol., XXX, n. sér. X, 1896, 465-486, où toute la littérature relative à ce sujet est indiquée, avec les nombreux mémoires d'Elliot Smith.

ment des nerfs de la *cinquième paire* frappe tout d'abord chez les monotrèmes, nerfs reliés périphériquement avec de nombreux organes des sens spécialisés, déjà décrits par Wilson et P. Martin. Les proportions considérables du noyau sensitif du trijumeau entraînent l'apparition d'un renflement énorme de la face ventrale du *pont* et de la *moelle*. La *substantia gelatinosa* de Rolando est aussi extraordinairement développée dans la moelle cervicale et dans le reste de ce centre nerveux. Et ce fait explique à Smith la grosseur du faisceau qui se termine dans le *thalamus opticus* du côté opposé ainsi que les grandes dimensions de ce ganglion, « dont l'extension latérale réduit le *corpus striatum* en arrière à une simple couche de substance grise. »

Le *bulbe olfactif* consiste en une petite masse grise ellipsoïde située en avant des hémisphères qui le recouvrent en partie. La morphologie générale du bulbe est, chez l'Ornithorhynque, semblable à celle des reptiles, celle de l'Échidné ressemble à celle des mammifères. Sur le trajet du *pédoncule olfactif* se trouve un tubercule de substance grise, le *tuberculum olfactorium*, puis, en arrière, s'étend le *gyrus piriformis* dont l'extrémité se termine en se tournant en haut sur la paroi interne de l'hémisphère, derrière l'hippocampe : le *lobe piriforme* est donc limité en avant par la scissure de l'hippocampe, en arrière par la *fissura rhinalis* (c'est la partie du lobe piriforme qui est l'homologue du *gyrus hippocampi (uncinatus)*, latéralement par la *fissura ectorhinalis* qui le sépare du *pallium*. Entre le *tuberculum olfactorium* et le *lobe piriforme* est une « *area depressa* », à la base du cerveau, qui correspond à l'espace perforé antérieur. Chez l'Échidné et dans tous les autres mammifères, l'*area depressa* est en continuité directe avec le *lobe piriforme* derrière la *fissura endorhinalis*.

L' « aire précommissurale » varie de développement avec l'appareil olfactif : cette aire forme une sorte de station de branchement entre le bulbe olfactif et l'hippocampe.

L'extrême développement du thalamus réduit, on l'a dit, le *corps strié* à une étroite bande grise qui se continue en avant avec le *lobe piriforme* par l'intermédiaire du *nucleus amygdalae*. Le corps strié est divisé en *noyaux caudé* et *lenticulaire* par une *capsule interne* qui est tout à fait rudimentaire chez l'ornithorhynque et l'échidné, tandis que les marsupiaux, avec un pallium beaucoup moins développé, possèdent des capsules internes plus larges et mieux développées, fait significatif sur lequel Elliot Smith a appelé l'attention, car il offre un caractère de transition entre le système pédonculaire des reptiles et la capsule interne des mammifères supérieurs.

Après le proto-neurone olfactif qui, de la *muqueuse olfactive*, va se terminer dans des *glomérules olfactifs* du *bulbe olfactif*, Smith énumère trois racines ou « tractus » dont les fibres issues des cellules mitrales du bulbe olfactif, et formant les « radiations olfactives » d'Edinger, s'arborisent ainsi en arrière : 1° le *tractus latéral* dans la couche moléculaire du *lobe piriforme* ; 2° le *tractus interne* sur la paroi interne des hémisphères, dans l'*aire précommissurale* ; 3° le *tractus intermédiaire* dans la couche superficielle du *cortex* du *tuberculum olfactorium*.

Les fibres issues de toute l'étendue du *pallium*, du *lobe piriforme* et du *nucleus amygdalae*, des *pédoncules olfactifs* et du *tuberculum olfactorium* se rassemblent sous forme d'une large voie nerveuse qui passe par le corps strié pour traverser la ligne médiane et constituer la *commissura ventralis*. Les fibres issues du reste des hémisphères — hippocampe et aire précommissurale — forment la *commissura dorsalis*. La disposition des fibres de cette commissure est un peu mieux ordonnée chez l'échidné que chez l'ornithorhynque au point d'entrecroisement sur la ligne médiane.

Chez tous les vertébrés, à l'exception peut-être des Acrâniens et des

Cyclostomes, le monde a toujours été représenté, dans la conscience, par les mêmes qualités idéales d'étendue, de clarté ou d'obscurité, d'odeur et de saveur, peut-être de son : seules, certaines de ces qualités l'ont tantôt emporté sur d'autres en force et en éclat, tantôt ont fléchi et rétrocédé, laissant passer l'empire à de mieux adaptées aux conditions anciennes ou nouvelles d'existence dans les eaux, sur la terre ou dans l'air. Il ne s'agissait toujours, par l'effet de l'adaptation, de la sélection et de la concurrence des êtres vivants, que de différenciations organiques, de compensations fonctionnelles, de division du travail physiologique d'un organe, l'encéphale, qui tantôt a conçu le monde sous la catégorie des images mentales de l'olfaction, plus tard, sous celle de la vision, puis de l'audition, ou sous toutes ces catégories à la fois, mais toujours à des degrés divers, selon que telle ou telle espèce de sensations, de perceptions et d'images, et partant d'organes correspondants du système nerveux, a tour à tour prédominé et conquis une hégémonie passagère.

Avant toute démonstration physiologique de l'existence, sur l'écorce du cerveau, de localisations fonctionnelles, l'anatomie comparée suffisait déjà, seule, Broca et Meynert l'ont bien fait voir, pour établir la diversité, l'hétérogénéité, je ne dis pas seulement des principaux organes de l'encéphale, mais des différentes provinces de sensibilité générale ou spéciale constituant le manteau des hémisphères. Meynert signale trois faits des plus significatifs : 1° les différences considérables de volume que présente le *lobe olfactif* dans la série des vertébrés, depuis les poissons et les mammifères terrestres dont les principales fonctions de la vie de relation dépendent de l'olfaction, jusqu'aux oiseaux, aux carnassiers amphibies, aux singes et à l'homme, chez lesquels cet organe a dégénéré au point de disparaître chez les cétacés ; 2° les différences correspondantes existant dans le développement relatif des circonvolutions en rapport avec cette fonction, chez l'homme et chez les animaux osmatiques (*gyrus fornicatus,* ou lobe du corps calleux, *circonvolutions de l'hippocampe, formation de la corne d'Ammon*) ; 3° le développement tout à fait prépondérant, chez l'homme, entre tous les territoires du manteau, des régions d'enceinte de la fosse de Sylvius et du fond de cette scissure, où se trouve l'*insula,* régions en rapport avec la faculté du langage articulé.

Les diverses régions de l'écorce du cerveau des mammifères atteignent donc un développement différent, et, après Meynert et Broca, Edinger a opposé le territoire olfactif des animaux macrosmatiques à celui des cétacés, des singes et de l'homme.

Et pourtant, quoiqu'ils ne possèdent encore qu'un bulbe et un lobe olfactif sans écorce cérébrale, les Poissons osseux ne laissent pas de percevoir les odeurs, et tout pisciculteur sait que, après le sens de la vue,

dont ils se servent surtout, ces vertébrés sont très souvent guidés dans leurs actions par le sens de l'odorat. Quand, chez les amphibiens et surtout les reptiles apparaît une nouvelle formation, l'écorce du manteau cérébral, cette écorce n'est presque uniquement en rapport qu'avec le lobe olfactif, et l'on sait le développement énorme qu'a pris l'écorce olfactive chez les mammifères macrosmatiques. On connaît, d'autre part, l'involution régressive de cette même écorce chez les mammifères aquatiques (dauphins, baleines), chez les singes et chez l'homme, évolution et involution corticales strictement parallèles à celle du *bulbe,* du *nerf* et du *lobe olfactif* (1). Quelle peut être la nature des *sensations* et des *perceptions olfactives* chez les poissons ? S'ils *reconnaissent* les odeurs, s'ils possèdent une *mémoire olfactive,* ils doivent avoir des *représentations* de cette nature, et des *images olfactives* doivent entrer pour une part prédominante dans les *processus d'association* qui sont, chez les poissons comme chez l'homme, toute l'*intelligence.* Malheureusement, à part quelques observations bien faites, telles que celles de Möbius, il n'existe pas plus d'expériences méthodiques sur ce sujet chez les poissons que chez les reptiles, qui d'ailleurs offrent déjà des conditions anatomiques de vie mentale bien supérieures, puisqu'ils possèdent une véritable écorce cérébrale.

Relations de l'écorce cérébrale avec les ganglions cérébraux chez les vertébrés inférieurs. — En dehors même des points spéciaux de physiologie des fonctions sensitives et sensorielles du manteau cérébral, quel est, considéré dans l'ensemble de ses fonctions, le rôle de l'*écorce du cerveau* ? C'est un second problème non moins vaste assurément que le premier. « Je crois que les faits que nous enseigne l'anatomie comparée du cerveau antérieur, a écrit Edinger, sont bien propres à jeter de la lumière sur le rôle de l'écorce cérébrale et à nous donner la raison de la contradiction, si souvent admise, entre les résultats de l'excitation et ceux des extirpations totales de l'écorce. Une grande classe d'animaux — les Poissons osseux — manque complètement d'écorce cérébrale et des faisceaux de projection qui en descendent. Chez ces vertébrés, le cerveau commence, *sit venia verbo,* par le *ganglion de la base,* le corps strié. Les ganglions du thalamus sont relativement petits, et ce n'est qu'à partir du cerveau moyen qu'on trouve des cellules et des faisceaux de fibres con-

(1) L. Edinger. *Ueber die Entwicklung des höheren Seelenlebens bei den Thieren.* Jahresb. d. Senkenbergischen naturforsch. Gesellsch., 1894. *Vergleichend-entwickelungsgesch. u. anat. Studien im Bereiche der Hirnanatomie. Riechapparat u. Ammonshorn.* Anat. Anz., 1893. *Ueber die phylogen. Ursprung der Rindencentren u. üb. den Riechapparat.* Wandersamml. der Neurol. u. Irrenärtze zu Baden-Baden (1893).

sidérables. » RABL-RÜCKHARD, au cours de ses belles recherches embryologiques, a montré que les *lobes antérieurs* des poissons osseux (*téléostéens*) sont uniquement représentés par les *ganglions de la base* (corps striés) du cerveau antérieur.

Le manteau, ou *pallium,* c'est-à-dire la substance grise et blanche de l'écorce du cerveau antérieur ou télencéphale des vertébrés, n'est représenté, chez les Poissons osseux, que par une *mince couche de cellules épithéliales* étendue comme une voûte au-dessus d'une cavité encéphalique et formant le toit de cette cavité, ou ventricule du cerveau antérieur des poissons osseux, correspondant aux deux ventricules latéraux du cerveau des mammifères. Une *commissure* transversale ou *interlobaire* relie entre eux les lobes antérieurs. A chaque lobe antérieur aboutissent, en avant, les fibres du *nerf olfactif.* Les *cellules épithéliales* constituant la voûte du cerveau antérieur des poissons osseux sont de véritables cellules épendymaires, semblables à celles des cavités médullaires et encéphaliques des oiseaux et des mammifères, cellules longues, dont le prolongement nucléé est au voisinage immédiat de la cavité ventriculaire, le prolongement périphérique à la surface périphérique du cerveau ou du centre nerveux, s'il existe ; ces cellules occupent donc tout l'espace intermédiaire (RAMON Y CAJAL, VAN GEHUCHTEN, etc.). Les *lobes antérieurs* du cerveau des poissons osseux sont les ganglions d'origine du *faisceau basal du cerveau antérieur* (EDINGER) ou *pédoncule cérébral.* D'après VAN GEHUCHTEN, le *faisceau basal* d'EDINGER est formé essentiellement non d'une, mais de deux espèces de fibres nerveuses : 1° fibres descendantes à conduction *centrifuge, motrices,* qui, des lobes antérieurs de ces cerveaux, vont se terminer dans une région inférieure de l'axe cérébro-spinal ; 2° fibres ascendantes, à conduction *centripète, sensitives,* qui s'arborisent dans les lobes antérieurs, et dont les cellules d'origine doivent se trouver dans des centres nerveux inférieurs. VAN GEHUCHTEN peut ainsi considérer ce *faisceau basal* comme formé à la fois de faisceaux *sensitifs* et *moteurs,* et rapprocher ceux-ci du faisceau sensitif et des voies des pyramides des vertébrés supérieurs (1). La *commissure interlobaire* du cerveau antérieur de ces poissons serait formée par l'entrecroisement partiel d'une grande partie des fibres centrales de ce faisceau sensitif (VAN GEHUCHTEN), non par des fibres commissurales analogues à celles du corps calleux et de la commissure antérieure du cerveau des mammifères, lesquelles ont leurs cellules d'origine dans un lobe et se terminent dans l'autre. Ici une partie

---

(1) VAN GEHUCHTEN. *Contribution à l'étude du système nerveux des Téléostéens.* La Cellule. X, 1893. Cf. *La moelle épinière de la truite.* Ibid., XI, 1895.

des fibres du faisceau sensitif se termine par des arborisations libres dans le lobe *correspondant,* une autre dans le lobe *opposé* en passant par la commissure interlobaire.

Mais les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses des lobes antérieurs ne passent point par cette commissure. La commissure interlobaire du cerveau antérieur des poissons osseux, commissure double, paraît donc être constituée par un entrecroisement partiel des *fibres sensitives centrales.* VAN GEHUCHTEN a pu suivre jusqu'à une certaine distance les fibres du *pédoncule cérébral* ou faisceau basal du cerveau antérieur des Téléostéens. Les fibres centrifuges motrices de ce faisceau ont bien leurs cellules d'origine, nous le répétons, dans les lobes antérieurs, dont ces neurones forment la matière principale, surtout dans les régions voisines de la paroi ventriculaire. Une fois descendues dans le faisceau basal, ces fibres se dirigent en arrière et se terminent, pour une partie d'entre elles au moins, dans l'*infundibulum* ; on ignore encore où s'arborisent les autres fibres centrifuges du faisceau basal. Quant aux fibres centripètes, ascendantes, sensitives, de ce faisceau, dont les ramifications cylindraxiles se terminent librement dans les prolongements protoplasmiques des cellules motrices des lobes antérieurs, un grand nombre d'entre elles représentent les prolongements cellulifuges de neurones situés dans la partie antérieure de l'*infundibulum* : « Ces cellules d'origine ont conservé, tout comme les cellules épendymaires, leur rapport avec la cavité centrale. Ce sont des cellules bipolaires dont un des prolongements, court et irrégulier, se termine à la surface libre de la cavité ventriculaire, tandis que l'autre prolongement, après avoir émis quelques branches collatérales, se terminant dans le voisinage de la cellule, se continue directement avec le prolongement cylindraxile. Celui-ci pénètre donc dans le faisceau basal pour aller se terminer entre les cellules constitutives des lobes antérieurs du cerveau. »

A propos de l'étude de ce faisceau des poissons osseux, VAN GEHUCHTEN a fait une remarque d'une très grande portée générale : « Les fibres ascendantes ou *sensitives* du faisceau basal viennent se terminer dans le voisinage immédiat des cellules motrices des lobes antérieurs, de telle sorte qu'entre les branches terminales des fibres sensitives et les cellules d'origine des fibres motrices *le contact est immédiat, sans interposition d'un troisième élément nerveux.* Cette disposition est absolument identique à celle que l'on observe chez les mammifères et chez l'homme, au moins dans certaines régions de l'axe nerveux : telle la substance grise de la moelle, où les collatérales sensitivo-motrices des fibres du cordon postérieur viennent en contact avec les cellules radiculaires ; telles les éminences antérieures des tubercules quadrijumeaux, où les fibres opti-

ques et les fibres acoustiques se terminent dans le voisinage des cellules d'origine du faisceau réflexe de HELD ; telle encore la couche corticale grise de la zone motrice du cerveau où, d'après FLECHSIG et HÖSEL, les fibres sensitives viennent se mettre en contact avec les cellules d'origine des fibres de la voie pyramidale. » La partie interne de chaque lobe antérieur du cerveau des Téléostéens, correspondant aux deux tiers de l'épaisseur et limitant la cavité ventriculaire, est exclusivement formée de cellules épendymaires et de cellules nerveuses multipolaires à vastes prolongements protoplasmiques ; la partie externe, d'apparence plus claire sur les coupes, est constituée par des cellules nerveuses éparses entre les faisceaux de fibres ascendantes du pédoncule cérébral. Les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses des lobes antérieurs, fibres constitutives de la voie centrifuge du faisceau basal, sortent soit des corps cellulaires, soit des prolongements protoplasmiques de ces neurones. Sans nier qu'il en existe dans les lobes antérieurs du cerveau de ces vertébrés, sur les coupes d'une quarantaine de lobes traités par la méthode de GOLGI, VAN GEHUCHTEN n'a jamais rencontré ces cellules nerveuses à cylindraxe court, ou cellules de GOLGI, signalées par BELLONCI dans ces mêmes régions, et qui, sous le nom de *cellules d'association*, prennent une part si grande, selon von MONAKOW, comme d'après FLECHSIG, aux fonctions supérieures de l'innervation centrale, c'est-à-dire de l'intelligence.

Le *corps strié* de l'encéphale des mammifères, l'homologue du *ganglion basal* des vertébrés inférieurs, et dont le développement est encore considérable, demeure l'une des parties les plus énigmatiques du cerveau antérieur. Dans son étude sur le système nerveux des téléostéens, VAN GEHUCHTEN avait montré (1893) que, chez la truite, le *faisceau basal* est formé de fibres descendantes ou *motrices* et de fibres ascendantes ou *sensitives*. Les fibres motrices ont leurs cellules d'origine dans le *ganglion basal* et se terminent en partie dans la région de l'*infundibulum*. Les fibres sensitives s'arborisent dans le *ganglion basal*, où elles entrent en connexion avec les dendrites des cellules d'origine des fibres descendantes : une partie de ces fibres ascendantes passe par la commissure antérieure pour se terminer entre les cellules constitutives du ganglion basal du côté opposé. EDINGER avait également trouvé, dans le cerveau antérieur des reptiles, que des fibrilles nerveuses, ramifications ultimes des fibres ascendantes ou sensitives, s'entrelacent, dans le ganglion basal, aux prolongements protoplasmiques des cellules multipolaires dont les axones constituent les cylindraxes des fibres descendantes du faisceau basal. Mais ce savant n'avait pas pu poursuivre assez loin les prolongements nerveux de ces cellules pour découvrir leur destination. Chez les batraciens, où la structure et les connexions du ganglion basal sont encore moins bien connues, toutes les fibres du faisceau basal se termineraient, selon EDINGER, dans les ganglions du thalamus et du métathalamus : il existerait un *faisceau striothalamique* dont les fibres relieraient le télencéphale au diencéphale : le télencéphale des batraciens serait dépourvu de toute connexion directe avec les parties inférieures du névraxe.

Les recherches de van GEHUCHTEN établissent qu'au niveau du ganglion basal du cer-

veau de la salamandre (1), la paroi de la vésicule hémisphérique est constituée de deux couches : 1° une couche interne ou *couche granuleuse* ; 2° une couche externe ou *couche moléculaire*.

I. — La couche interne est formée de deux espèces de cellules : les cellules épendymaires et les cellules nerveuses, les premières représentées par la rangée des corps cellulaires de ces éléments, immédiatement voisine de la cavité ventriculaire, et dont les prolongements, après avoir traversé toute l'épaisseur des couches granuleuse et moléculaire, se ramifient à la surface libre du télencéphale ; les secondes, les cellules nerveuses, volumineuses, généralement unipolaires, envoyant leur prolongement unique vers la couche moléculaire, où de ses divisions et subdivisions naissent un grand nombre de prolongements protoplasmiques qui, sur une très grande distance, s'étendent à travers toute la couche moléculaire. Ces prolongements protoplasmiques sont, à l'exception du tronçon immédiatement voisin du corps cellulaire, pourvus, sur toute leur longueur, de petites épines terminées par un renflement en forme de bouton ou de perle. Décrites et figurées depuis longtemps par Ramon y Cajal (1891) sur les dendrites des cellules pyramidales de l'écorce cérébrale des mammifères, contestées et rapportées par Kölliker à des productions artificielles dues à un dépôt irrégulier de chromate d'argent, l'illustre histologiste espagnol a naguère démontré (1896), à l'aide du bleu de méthylène, que ces épines et les boules qui les terminent existent bien en réalité à l'état normal sur toute la longueur des prolongements protoplasmiques des cellules de l'écorce. Van Gehuchten a rappelé, à ce propos, le travail de Mlle Stéfanowska *Sur les appendices des dendrites* (1897), qu'elle propose de dénommer *corpuscules piriformes*, et qu'elle croit susceptibles de s'allonger et de se rétracter consécutivement à certains états physiologiques et pathologiques des neurones : « Cette mobilité (des épines de Cajal) permettrait, dit-elle, de supposer que les alternatives d'adhérence parfaite et de défaut de contact entre les prolongements de divers neurones pourraient s'effectuer à l'aide de changements de place auxquels les corpuscules sont aptes. » On sait que M. Mathias Duval a, tout récemment (1897), pris texte de ces inférences pour produire de nouveau sa théorie histologique du sommeil. Sans parler des critiques de Lugaro (2), ou tout au moins des réserves de ce savant touchant les observations de Mlle Stéfanowska (3), observations et expériences d'ailleurs fort élégantes, il nous paraît très prématuré de les invoquer pour renouveler une théorie qui jusqu'ici n'a pour elle ni Kölliker (4), ni le moindre fait démontré.

Ainsi, par ce caractère morphologique de leurs prolongements protoplasmiques, les cellules du ganglion basal de la salamandre se rapprochent des cellules pyramidales de l'écorce cérébrale des mammifères. Le prolongement cylindraxile de ces neurones, né du tronc pro-

---

(1) *Le ganglion basal et la commissure habénulaire dans l'encéphale de la salamandre*, par A. van Gehuchten. Bruxelles, 1897. Extr. des *Bulletins de l'Acad. roy. de Belgique*, t. XXXIV.

(2) *Rivista di patologia nervosa e mentale*, 1897, II, 263.

(3) Micheline Stéfanowska. *Les appendices terminaux des dendrites cérébraux et leurs différents états physiologiques*. Institut Solvay. Travaux du Laboratoire publiés par Paul Heger. Fasc. III. Bruxelles.

(4) V. la critique de Kölliker sur les hypothèses de Rabl-Rückhard et Duval sur les mouvements amiboïdes des neurodendrones. *Kritik der Hypothesen*, etc., dans Sitzungsber. d. Würzburger. Phys. Med. Gesellsch., 9 mars 1895. Cf. *Handb. der Gewebelehre des Menschen*, 6te Aufl., 1896, II, 803, sq.

toplasmique à une petite distance de la cellule d'origine, arrivé dans le faisceau basal, constitue une des fibres descendantes ou motrices de ce faisceau ; en se recourbant dans le faisceau basal, il émet une ou deux petites branches collatérales qui se ramifient dans la couche moléculaire.

II. — La couche externe, ou *moléculaire,* a une structure plus complexe que la couche granuleuse. On y distingue : 1° les prolongements périphériques des cellules épendymaires ; 2° les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses du ganglion basal ; 3° les fibres constitutives du faisceau basal ; 4° un entrelacement de fibrilles nerveuses ; 5° une zone toute superficielle de fibres nerveuses.

Van Gehuchten donne le nom de *faisceau basal* ou *faisceau pédonculaire* au faisceau compact de fibres nerveuses descendantes ou motrices qui *relie* le *cerveau antérieur* des vertébrés inférieurs aux *parties sous-jacentes du névraxe,* jusque dans la partie supérieure de la *moelle épinière.* « Ces fibres motrices représentent, sans aucun doute, chez les batraciens, le *faisceau moteur pyramidal* ou *cérébro-spinal* des vertébrés supérieurs. On pourrait le désigner sous le nom de faisceau *strio-spinal.* » Mais la voie sensitive centrale forme aussi un élément constituant du *faisceau basal.* Les fibres sensitives ou ascendantes relient les masses grises sensitives inférieures aux cellules autonomes du télencéphale ; ce sont à la fois des fibres *médullo-cérébrales, bulbo-cérébrales* et *ponto-cérébrales.* « L'ensemble de ces fibres sensitives représente, sans aucun doute, dans le névraxe des batraciens, la *voie sensitive centrale* des mammifères. On pourrait l'appeler le *faisceau médullo-bulbo-ponto-cérébral.* » En arrière du chiasma optique, le faisceau basal, en outre de ces fibres motrices et sensitives, semble formé de fibres qui pénètrent dans l'*infundibulum* et dont Van Gehuchten n'a pu établir encore ni l'origine ni la terminaison.

Relativement aux fibres superficielles de la *couche moléculaire du ganglion basal,* décrites pour la première fois par Cajal dans le télencéphale de la grenouille, et identifiées par lui en partie avec les ramifications terminales du prolongement cylindraxile de certaines cellules qui correspondraient, dans le cerveau des batraciens, aux cellules à cylindraxe ascendant de l'écorce grise des mammifères (Martinotti, Cajal, Retzius), sans parler des ramifications cylindraxiles de quelques cellules superficielles, Van Gehuchten témoigne n'avoir jamais rencontré, dans ses coupes, de cellules nerveuses à cylindraxe ascendant au niveau du ganglion basal : ces fibres tangentielles proviennent en grande partie, selon lui, de la *commissure habénulaire* du diencéphale. Les fibres constitutives de ce faisceau commissural sont destinées à relier l'une à l'autre les parois externes des vésicules cérébrales : « elles représentent ainsi véritablement, ainsi que Köppen était disposé à le croire, une partie du *corps calleux.* Ces fibres ont, en effet, leurs *cellules d'origine* dans la paroi externe de la vésicule cérébrale et elles vont *se terminer,* en passant par la *commissure habénulaire,* dans la paroi externe de la vésicule cérébrale du *côté opposé* ». En s'épanouissant dans les vésicules cérébrales, ces fibres forment la couche des *fibres tangentielles* décrites, dans la *couche moléculaire,* au niveau du ganglion basal.

En résumé, les recherches de Van Gehuchten touchant le ganglion basal du télencéphale et la commissure habénulaire du diencéphale de la salamandre permettent d'arriver, entre autres, aux conclusions suivantes :

Le *faisceau basal* relie le télencéphale à toutes les régions inférieures du névraxe. Il est formé d'une partie *dorsale,* renfermant les fibres *motrices,* et d'une partie *ventrale,* constituée principalement de fibres *sensitives,* ainsi que de fibres en connexion avec l'*infundibulum.* Les *fibres motrices* peuvent se poursuivre directement jusque dans le *cordon antérieur* de la moelle épinière. Les *fibres sensitives* peuvent être suivies jusque

dans le *cordon antéro-latéral* de la moelle épinière. La *commissure habénulaire* du diencéphale relie l'une à l'autre, au moins par une partie de ses fibres, la paroi externe des deux vésicules cérébrales.

Ainsi, tandis que les ganglions de la base du cerveau antérieur sont demeurés essentiellement les mêmes, quant à leur structure et à leur situation, dans toute la série des vertébrés, où ils forment les corps striés, le manteau (*pallium*) au contraire s'est transformé sans discontinuité de la mince couche de cellules épithéliales qui s'étendait comme une voûte sur le ventricule du cerveau antérieur des poissons osseux jusqu'à l'écorce grise circonvolutionnée des hémisphères cérébraux des anthropoïdes et de l'homme. Le *corps strié*, apparaissant maintenant divisé, chez les mammifères, en deux masses, *noyau caudé* et *noyau lenticulaire*, par les fibres de la *capsule interne*, qui passent en quelque sorte à travers ces masses grises, n'est plus qu'une portion relativement peu importante de ce cerveau antérieur qu'il constituait à l'origine presque tout entier, dont il formait la masse principale chez les poissons osseux. Entre les puissants *ganglions de la base* des époques primordiales et le *manteau*, qui, pour la première fois, apparaît chez les reptiles comme une véritable écorce cérébrale, siège de la vie psychique des représentations, le développement a été successif et certainement inverse. Nul doute, cependant, que, chez les poissons osseux, le ganglion de la base ne fût un cerveau rudimentaire et en remplît, en tout cas, les fonctions. Qui voudrait soutenir que ces poissons sans cerveau, au sens de manteau cérébral, fussent privés de sensibilité ou de motilité volontaire ? La lutte pour l'existence aurait bientôt pris fin. Suivant Edinger, il manquait pourtant à ce ganglion basal du cerveau antérieur toutes ces voies nerveuses qui, chez les vertébrés supérieurs, montent des appareils périphériques de la sensibilité générale et spéciale à l'écorce cérébrale. Van Gehuchten a démêlé au contraire dans le faisceau basal d'Edinger des faisceaux de fibres afférentes, partant, de nature sensitive, dont un grand nombre représenterait les prolongements cylindraxiles de neurones situés dans la partie centrale de l'*infundibulum*. Quoi qu'il en soit, il est peut-être permis de conclure de ces faits, que *les stations terminales primaires des nerfs suffisent à réaliser, jusqu'à un certain degré, ce que nous connaissons comme fonctions des organes du système nerveux central.*

Avec les méthodes actuelles d'imprégnation et de coloration des éléments du système nerveux, il est possible de distinguer sûrement, grâce à la forme et à la disposition des cellules, l'écorce cérébrale des autres parties du cerveau. Or c'est bien pour la première fois, sous forme d'amas irréguliers et en petit nombre, que les cellules nerveuses de

toplasmique à une petite distance de la cellule d'origine, arrivé dans le faisceau basal, constitue une des fibres descendantes ou motrices de ce faisceau ; en se recourbant dans le faisceau basal, il émet une ou deux petites branches collatérales qui se ramifient dans la couche moléculaire.

II. — La couche externe, ou *moléculaire*, a une structure plus complexe que la couche granuleuse. On y distingue : 1° les prolongements périphériques des cellules épendymaires ; 2° les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses du ganglion basal ; 3° les fibres constitutives du faisceau basal ; 4° un entrelacement de fibrilles nerveuses ; 5° une zone toute superficielle de fibres nerveuses.

Van Gehuchten donne le nom de ***faisceau basal*** ou ***faisceau pédonculaire*** au faisceau compact de fibres nerveuses descendantes ou motrices qui ***relie*** le ***cerveau antérieur*** des vertébrés inférieurs aux ***parties sous-jacentes du névraxe***, jusque dans la partie supérieure de la *moelle épinière*. « Ces fibres motrices représentent, sans aucun doute, chez les batraciens, le *faisceau moteur pyramidal* ou *cérébro-spinal* des vertébrés supérieurs. On pourrait le désigner sous le nom de faisceau *strio-spinal*. » Mais la voie sensitive centrale forme aussi un élément constituant du ***faisceau basal***. Les fibres sensitives ou ascendantes relient les masses grises sensitives inférieures aux cellules autonomes du télencéphale ; ce sont à la fois des fibres ***médullo-cérébrales***, ***bulbo-cérébrales*** et ***ponto-cérébrales***. « L'ensemble de ces fibres sensitives représente, sans aucun doute, dans le névraxe des batraciens, la *voie sensitive centrale* des mammifères. On pourrait l'appeler le ***faisceau médullo-bulbo-ponto-cérébral***. » En arrière du chiasma optique, le faisceau basal, en outre de ces fibres motrices et sensitives, semble formé de fibres qui pénètrent dans l'***infundibulum*** et dont Van Gehuchten n'a pu établir encore ni l'origine ni la terminaison.

Relativement aux fibres superficielles de la ***couche moléculaire du ganglion basal***, décrites pour la première fois par Cajal dans le télencéphale de la grenouille, et identifiées par lui en partie avec les ramifications terminales du prolongement cylindraxile de certaines cellules qui correspondraient, dans le cerveau des batraciens, aux cellules à cylindraxe ascendant de l'écorce grise des mammifères (Martinotti, Cajal, Retzius), sans parler des ramifications cylindraxiles de quelques cellules superficielles, Van Gehuchten témoigne n'avoir jamais rencontré, dans ses coupes, de cellules nerveuses à cylindraxe ascendant au niveau du ganglion basal ; ces fibres tangentielles proviennent en grande partie, selon lui, de la ***commissure habénulaire*** du diencéphale. Les fibres constitutives de ce faisceau commissural sont destinées à relier l'une à l'autre les parois externes des vésicules cérébrales : « elles représentent ainsi véritablement, ainsi que Koeppen était disposé à le croire, une partie du *corps calleux*. Ces fibres ont, en effet, leurs *cellules d'origine* dans la paroi externe de la vésicule [illegible] *terminer*, en passant par la *commissure* ***habénulaire***, dans la paroi [illegible] de la vésicule cérébrale du *côté opposé*. » En s'épanouissant dans les vésicules cérébrales, ces fibres forment la couche des *fibres tangentielles* décrites, dans la couche *moléculaire*, au niveau du ganglion basal.

En résumé, les recherches de Van Gehuchten touchant le ganglion basal du télencéphale et la commissure [illegible] de la salamandre permettent d'arriver, entre autres, aux conclusions [illegible]

Le *faisceau basal* relie [illegible] les régions inférieures du névraxe. Il est formé d'une partie *dorsale*, [illegible] fibres *motrices*, et d'une partie *ventrale*, constituée principalement de fibres [illegible] que de fibres en connexion avec l'in-***fundibulum***. Les *fibres motrices* [illegible] directement jusque dans le *cordon antérieur* de la moelle épinière. Les [illegible] *sensitives* peuvent être suivies jusque

dans le *cordon antéro-latéral* de la moelle épinière. La *commissure habénulaire* du diencéphale relie l'une à l'autre, au moins par une partie de ses fibres, la paroi externe des deux vésicules cérébrales.

Ainsi, tandis que les ganglions de la base du cerveau antérieur sont demeurés essentiellement les mêmes, quant à leur structure et à leur situation, dans toute la série des vertébrés, où ils forment les corps striés, le manteau (*pallium*) au contraire s'est transformé sans discontinuité de la mince couche de cellules épithéliales qui s'étendait comme une voûte sur le ventricule du cerveau antérieur des poissons osseux jusqu'à l'écorce grise circonvolutionnée des hémisphères cérébraux des anthropoïdes et de l'homme. Le *corps strié*, apparaissant maintenant divisé, chez les mammifères, en deux masses, *noyau caudé* et *noyau lenticulaire*, par les fibres de la *capsule interne*, qui passent en quelque sorte à travers ces masses grises, n'est plus qu'une portion relativement peu importante de ce cerveau antérieur qu'il constituait à l'origine presque tout entier, dont il formait la masse principale chez les poissons osseux. Entre les puissants *ganglions de la base* des époques primordiales et le *manteau*, qui, pour la première fois, apparaît chez les reptiles comme une véritable écorce cérébrale, siège de la vie psychique des représentations, le développement a été successif et certainement inverse. Nul doute, cependant, que, chez les poissons osseux, le ganglion de la base ne fût un cerveau rudimentaire et en remplît, en tout cas, les fonctions. Qui voudrait soutenir que ces poissons sans cerveau, au sens de manteau cérébral, fussent privés de sensibilité ou de motilité volontaire ? La lutte pour l'existence aurait bientôt pris fin. Suivant Edinger, il manquait pourtant à ce ganglion basal du cerveau antérieur toutes ces voies nerveuses qui, chez les vertébrés supérieurs, montent des appareils périphériques de la sensibilité générale et spéciale à l'écorce cérébrale. Van Gehuchten a démêlé au contraire dans le faisceau basal d'Edinger des faisceaux de fibres afférentes, partant, de nature sensitive, dont un grand nombre représenterait les prolongements cylindraxiles de neurones situés dans la partie centrale de l'*infundibulum*. Quoi qu'il en soit, il est peut-être permis de conclure de ces faits, que *les stations terminales primaires des nerfs suffisent à réaliser, jusqu'à un certain degré, ce que nous connaissons comme fonctions des organes du système nerveux central.*

Avec les méthodes actuelles d'imprégnation et de coloration des éléments du système nerveux, il est possible de distinguer sûrement, grâce à la forme et à la disposition des cellules, l'écorce cérébrale des autres parties du cerveau. Or c'est bien pour la première fois, sous forme d'amas irréguliers et en petit nombre, que les cellules nerveuses de

l'écorce apparaissent chez les Amphibiens. De l'examen histologique du cerveau antérieur de quelques amphibiens (grenouille, salamandre, triton), avec la méthode de GOLGI-CAJAL, par A. OYARZUN, sous les auspices et d'après les conseils d'EDINGER, à l'Institut de Senckenberg de Francfort, il résulte que, des deux couches dont sont constitués les hémisphères, l'*interne*, regardant la cavité du ventricule, est limitée par une couche de *cellules épithéliales*, dont les prolongements ramifiés peuvent atteindre la surface externe du manteau, tandis que la couche *externe* des hémisphères renferme des *corpuscules nerveux*, dont les prolongements protoplasmiques s'élèvent vers la périphérie et dont le prolongement cylindraxile descend en bas. Après être resté indivis durant un court trajet, le prolongement des cellules épithéliales se divise bientôt à angle droit en fibrilles qui, se subdivisant à leur tour, produisent, en s'enchevêtrant avec les prolongements voisins de même nature, un feutrage des plus fins qui atteint la couche externe des hémisphères. Les corps de ces cellules ne sont pas pressés les uns contre les autres : entre deux, il existe toujours la place d'une cellule épithéliale. On n'a pas aperçu de cils vibratiles avec le chromate d'argent. « Ce qui est nouveau, ce qui était inconnu jusqu'ici dans le cerveau des amphibiens, c'est la longueur extraordinaire et les ramifications des fibrilles terminales de ces cellules épithéliales, » dit OYARZUN. Ces prolongements constituent ici l'ensemble du tissu de soutènement. Quant aux cellules de la couche externe du manteau, qui sont situées à différentes hauteurs dans l'épaisseur de cette couche, leur forme aussi bien que l'orientation de leurs prolongements ne laissent aucun doute sur leur nature nerveuse. D'abord tangentielles, les ramifications de ces neurones, d'une richesse aussi peu ordinaire, envoient quelques ramescences vers la périphérie de l'écorce, tandis qu'un prolongement cylindraxile, emettant quelques rares collatérales, descend en bas. Les prolongements cylindraxiles de ces neurones se réunissent en longs faisceaux près de la base du cerveau (1).

Chez les Reptiles, on l'a vu, le manteau est relié aux centres inférieurs par de puissants faisceaux. De même chez les Oiseaux, dont la substance grise corticale n'est représentée que par une mince lame située au-dessus

---

(1) A. OYARZUN. *Ueber den feineren Bau des Vorderhirns der Amphibien.* Arch. f. mikrosk. Anatomie. XXXV. 1890. 330. — L. NEUMAYER. *Die Grosshirnrinde der niederen Vertebraten.* Sitzungsb. d. Ges. f. Morphol. u. Phys. in München. 1895. II. 1, 61. Rana. — P. RAMÓN Y CAJAL. *Investig. microgr. en el encefalo de los batraceos y reptiles.* Zarog., 1894. — S. RAMÓN Y CAJAL. *Pequennas contribuciones al conocimiento del sist. nerv.* Barcel., 1891. p. 13-17. — KÖLLIKER. *Zur feineren Bau des Zwischenhirns und der regio hypothalamica.* Verhandl. der anat. Gesellsch auf der neunten Vers. in Basel. 1895.

de la cavité ventriculaire. Les expansions protoplasmiques, surtout les expansions basilaires, y ont paru plus abondantes que dans le cerveau des reptiles à SALA Y PONS (Barcelone) (1). De même, tandis que, chez les reptiles, la *névroglie* n'est encore constituée que par les cellules épithéliales des ventricules, prolongées à travers l'écorce grise jusqu'à la surface du cerveau, chez les oiseaux ces éléments, je veux dire les cellules de la névroglie, ne présentent déjà plus partout l'apparence des éléments épithéliaux épendymaires; ils apparaissent sous la forme de véritables cellules en araignée. SALA Y PONS distingue cinq couches dans l'écorce cérébrale des oiseaux : 1° zone moléculaire ; 2° couche de petites cellules étoilées; 3° couche des grandes cellules étoilées et des grandes cellules pyramidales ; 4° couche des cellules étoilées profondes; 5° zone épithéliale. Les cellules des deuxième et troisième couches envoient à la zone moléculaire, non une tige protoplasmique terminée par des ramifications, mais « un certain nombre d'expansions périphériques isolées, à orientations diverses ». Les cellules de la troisième couche sont de deux espèces au moins : a) *cellules de projection*, à cylindraxe descendant; b) *cellules d'association,* à cylindraxe se terminant dans l'épaisseur de la substance grise de l'écorce, au moyen d'arborisations étendues ou courtes. Ainsi peut-être dans toutes les couches. Le plexus fibrillaire formé de toutes les collatérales des cylindraxes des fibres de projection et d'association « enveloppant les corps cellulaires » feutre tout l'espace de l'écorce cérébrale compris entre l'épithélium épendymaire des ventricules sous-jacents et la surface du cerveau. Les fibres de projection ne passent point par le volumineux corps strié des oiseaux (du moins celles de la portion sus-ventriculaire de l'écorce) ; le corps strié possède des cellules spéciales de projection qui quittent le cerveau par sa partie postérieure (*faisceau basal* du cerveau antérieur d'EDINGER). Quoique déjà différenciés, on retrouve chez les oiseaux les deux sortes d'éléments de la *névroglie* : 1° les cellules éptithéliales, s'allongeant de la cavité du ventricule jusqu'à la surface du cerveau, où elles se terminent sous la pie-mère par des boutons coniques ; 2° des cellules éparses à des distances diverses des surfaces pie-mériennes et ventriculaires, véritables corpuscules névrogliques en voie de formation, cellules épithéliales émigrées dans la substance grise (CAJAL, von LENHOSSEK, RETZIUS), et dont celles qui s'approchent le plus de la périphérie sont presque déjà des cellules en araignée.

Chez les Oiseaux prédominent les images optiques de la vie mentale.

---

(1) *L'écorce cérébrale des oiseaux*. C. R. Soc. Biol., 1893, 974.

L'élaboration des impressions olfactives est surtout utile aux vertébrés attachés à la terre ; il n'en est point de même pour ceux qui, planant dans les airs, doivent reconnaître, souvent de très haut et de très loin, leurs proies, leurs nids et les voies suivies dans les migrations. Edinger a découvert un puissant faisceau de fibres nerveuses allant de l'écorce du lobe occipital dans les centres optiques (*tractus occipito-tectalis*) (c'est-à-dire se projetant des centres optiques primaires au lobe occipital) : il sort du territoire du lobe occipital, passe devant la commissure antérieure, et peut être suivi jusque dans le cerveau moyen, où se termine le nerf optique. Cette voie nerveuse des Oiseaux paraît encore manquer chez les Reptiles. Elle ne se myélinise que des semaines après la sortie de l'œuf de l'oiseau ; le trajet a été établi au moyen de séries de coupes et surtout par la méthode des dégénérescences : chez des pigeons auxquels le cerveau occipital avait été enlevé et qui furent conservés trois semaines en vie, ce faisceau était complètement dégénéré (1). L'écorce cérébrale étant bien le siège des fonctions psychiques exécutées avec conscience par l'animal qui observe et réfléchit et agit dans le monde en se servant des images dérivées de ses perceptions et conservées sous forme de souvenirs, cette découverte d'un nouveau faisceau cortical en connexion avec les noyaux centraux d'un appareil des sens tel que celui de la vision a pour la psychologie comparée une importance capitale : il s'agit bien de la *vision corticale*.

Seule, l'anatomie comparée, comme l'avait d'ailleurs bien compris Broca, peut receler des documents propres à écrire une sorte de paléontologie du cerveau des vertébrés. Si la psychologie physiologique s'était développée méthodiquement, et non empiriquement, elle n'aurait eu garde de commencer par l'homme l'étude des fonctions du cerveau : elle les aurait étudiées d'abord chez les Poissons, les Amphibiens, les Reptiles et les Oiseaux. Ce que Steiner, Edinger, Kupffer, R. Burckhardt (2) ont voulu montrer surtout, c'est l'évolution phylogénique des fonctions les plus élevées de l'innervation supérieure, de la sensibilité, du mouvement et de l'intelligence chez les vertébrés. A une connaissance toujours plus exacte de la forme des organes a correspondu jusqu'ici une intelligence plus vraie de la fonction.

On peut, chez l'Oiseau, poursuivre jusqu'à la limite postérieure du mésencéphale un groupe de fibres du tractus optique qui s'y terminent dans un noyau gris bien nettement

(1) Edinger. *Ueber die Entwickelung des Rindensehens*. Arch. f. Psych., XXVII, H. 3.

(2) V. le développement phylogénique du cerveau antérieur, depuis Pétromyzon jusqu'aux Mammifères, chez R. Burckhardt, *Das Vorderhirn der Cranioten*. Anat. Anzeiger, 1894, p. 536 sq.

délimité, le *ganglion isthmi* (EDINGER) ou *ganglion opticum dorsale* (JELGERSMA). Le faisceau a été décrit par BELLONCI, SINGER et MÜNZER, et en particulier par PERLIA (1) qui, par la méthode des dégénérations, montra qu'il dépendait du *ganglion isthmi* et que la conduction de ses fibres était centrifuge. JELGERSMA confirma les résultats de PERLIA. ADOLF WALLENBERG a fourni la démonstration du seul point du problème qu'il restait à élucider : la preuve que les cellules d'origine de ce faisceau étaient bien dans le *ganglion isthmi*. A cet effet, il fallait détruire ce ganglion lui-même, car seulement ainsi la dégénération secondaire pourrait être suivie non seulement jusqu'au chiasma, ainsi qu'on l'avait fait, mais jusqu'aux terminaisons dans le bulbe oculaire des fibres dégénérées (2). Il ressort des conclusions, jusqu'ici encore hypothétiques peut-être, de la belle étude anatomique de WALLENBERG, que le *ganglion isthmi* doit être considéré comme le centre d'un arc réflexe dont la branche *centripète* (*tractus isthmo-tectalis*) apporte aux cellules de ce ganglion des excitations parties de centres optiques, mais aussi de centres acoustiques et autres, excitations qui peuvent être ainsi transmises aux fibres du faisceau optique médian, c'est-à-dire à la branche *centrifuge* de cet arc réflexe. Ce dernier faisceau s'arborise surtout dans la *rétine* autour des cellules de la couche ganglionnaire et de leurs dendrites, et aussi dans les centres primaires de l'opticus. Toutes les cellules de ces régions peuvent donc être ainsi modifiées dans leur fonction spécifique, consistant à transmettre les impressions optiques périphériques aux centres optiques, et particulièrement les cellules de la tache jaune, grâce aux fibrilles terminales du faisceau qui se distribue à la rétine. « Il en résulte, écrit WOLLENBERG, un appareil capable au plus haut point de renforcer ou d'affaiblir la faculté de réceptivité de l'organe de la vue sur certains points déterminés au moyen d'excitations sensorielles et sensitives ; en d'autres termes, de créer une sorte d'*accommodation de la rétine*. Cet appareil n'a pas encore été aperçu chez les mammifères, ni chez l'homme par conséquent. Si l'on parvenait à le découvrir, on posséderait, selon moi, une base anatomique d'où pourraient recevoir quelque lumière plusieurs faits encore inexpliqués de l'optique physiologique, tels que les phénomènes de contraste, des images consécutives, des modifications de l'acuité visuelle par d'autres excitations simultanées de la sensibilité, dont la raison n'a été cherchée jusqu'ici que dans des modifications fonctionnelles de l'écorce cérébrale. »

Les données de BRANDIS (3) et d'EDINGER sur les connexions du cervelet avec le reste du névraxe chez l'Oiseau concordent de tous points : le cervelet est relié au cerveau par un pédoncule antérieur (*pedunculus cerebelli ad cerebrum*) et à la moelle par un pédoncule postérieur ou inférieur (*pedunculus cerebelli inferior. Brachium cerebelli ad medullam oblongatam. Corpus restiforme*). Comme chez les oiseaux il n'y a pas de pont, le pédoncule cérébelleux moyen fait défaut (*pedunculus cerebelli ad pontem*).

---

(1) *Ueber ein neues Opticuscentrum beim Huhne.* GRAEFE's Arch., 1889.

(2) A. WALLENBERG. *Das mediale Opticusbündel der Taube.* Neurol. Centralbl., 1898, 532 sq. Cf. ibid., p. 300, *Eine Verbindung caudaler Hirntheile der Taube mit dem Striatum (tractus isthmo-striatus oder bulbo-striatus.)*

(3) F. BRANDIS. *Das Kleinhirn der Vögel in seiner Beziehung zur Systematik.* Journ. für Ornithology, XLIV, 1896, Juli.

Brandis a distingué dans le corps restiforme : le faisceau cérébelleux direct et de nombreuses fibres provenant des cordons postérieurs, des faisceaux propres à la *formatio reticularis,* enfin des fibres appartenant à l'olive. A. Friedländer (1) n'a trouvé dans la moelle épinière des oiseaux ni *cauda equina*, ni *filum terminale* proprement dit. Les nerfs rachidiens qu'il énumère sont : 12 *nervi cervicales,* 7 *nervi pectorales,* 13 *nervi lumbales* et 7 *nervi caudales*. La méthode des dégénérations, appliquée au système nerveux central des oiseaux, promet d'être aussi féconde qu'elle l'a été pour les mammifères. Schrader, Singer, Münzer, Edinger, après l'extirpation d'un hémisphère cérébral chez les oiseaux, n'ont jamais trouvé dégénérée de longue voie nerveuse descendante homologue aux faisceaux pyramidaux des mammifères : ils nient en conséquence l'existence d'un *tractus cortico-spinalis*. Brandis n'a également obtenu qu'un résultat négatif, mais il estime que la question doit rester ouverte, Sandmeyer ayant trouvé au contraire une dégénérescence secondaire évidente de la moelle épinière dans la région des voies des pyramides. L'enquête de Friedländer à ce sujet n'est pas encore terminée. L'existence de voies nerveuses reliant directement la moelle épinière avec le *thalamus,* d'une part, et le cerveau moyen, d'autre part, n'est pas non plus démontrée.

C'est pour l'avancement de quelques-uns de ces problèmes que Friedländer, sur le conseil d'Edinger, a institué une série d'expériences sur les rapports de la moelle épinière des oiseaux et le cervelet de ces vertébrés, lequel n'est essentiellement constitué, on le sait, que par un *vermis*, quoique les hémisphères cérébelleux existent chez les Oiseaux. A cet effet, il a 1° sectionné, à différents niveaux, la moelle épinière, pour savoir si ces faisceaux et quels faisceaux dégénèrent ; 2° pratiqué des lésions expérimentales de différentes parties du cervelet.

I. — Voies nerveuses intramédullaires qui, après une hémisection de la moelle épinière, dégénèrent dans les deux directions ascendante et descendante. L'examen de coupes sériées de la moelle épinière des oiseaux a montré que, chez ces vertébrés aussi, la plupart des voies nerveuses présentent des prolongements ascendants et descendants, puisqu'il existait des fibres dégénérées aussi bien au-dessus qu'au-dessous du point sectionné : 1° dans les *cordons postérieurs* les fibres radiculaires descendantes n'avaient dégénéré que sur une certaine étendue, tandis que la dégénération des fibres ascendantes pouvait être suivie jusque dans la moelle allongée. L'aire du territoire dégénéré était toujours assez pauvre en fibres : Friedländer incline donc à penser que, chez les oiseaux, une très petite partie seulement des faisceaux postérieurs parviennent à la moelle allongée, la plus grande partie s'épuisant déjà à différents niveaux inférieurs dans la substance grise de la moelle épinière ; 2° le *faisceau cérébelleux direct* dégénère toujours en toute son étendue dans les deux directions ascendante et descendante ; 3° dans les *cordons antérieurs* et aussi dans les *cordons latéraux*, les fibres dégénèrent également dans les deux directions à proximité immédiate du point d'opération ; mais, à quelque distance, cette dégénération se limite aux cordons antérieurs et à la face interne de ceux-ci. Il s'agit de fibres d'origine endogène pour la plupart et de longueur différente, quoique parmi elles un certain nombre appartienne à des voies nerveuses issues du cervelet ; on les pourrait désigner : *tractus cerebello-spinalis ventralis medialis*.

II. — Voies nerveuses qui, après une hémisection de la moelle épinière, dégénèrent dans le cervelet. Des faisceaux de la moelle épinière il n'y a que ceux qui passent à la péri-

(1) *Untersuchungen über das Rückenmark und das Kleinhirn der Vögel* Aus dem Senckenberg'schen Institute f. pathol. Anat. zu Frankfurt. a. M. Neurol. Centralbl., 1898, 351 sq. ; 397 sq.

phérie du cordon latéral qui se continuent dans le cervelet. La plus grande part de ces fibres se terminent directement, sans s'entrecroiser, après avoir pénétré dans le corps restiforme, dans les circonvolutions dorsales du *vermis*. Du corps restiforme sortent deux autres faisceaux : l'un est assimilé pour son trajet au *tractus cerebello-spinalis ventralis* des mammifères ; l'autre fournit la plus grande part de ses fibres à un faisceau destiné à l'écorce dorsale du *vermis* et une plus petite partie à un fascicule qui se distribue aux noyaux médians du cervelet ; ses fibres s'entrecroisent et se terminent peut-être soit dans ces noyaux, soit dans l'écorce du *vermis*.

III. — Voies nerveuses qui, consécutivement à des lésions expérimentales du cervelet, dégénèrent en bas. Outre la dégénérescence des voies courtes du côté correspondant à l'opération (voies d'association) et du côté opposé (voies commissurales), une voie longue, croisée, dégénère aussi, dont la plus petite portion rayonne dans la région du « champ acoustique d'AHLBORN », et dont la plus grande passe, sous forme d'un large faisceau par le pédoncule cérébelleux postérieur dans la moelle allongée et dans le cordon latéral de la moelle épinière. Cette longue voie correspond au *tractus cerebello-spinalis* constitué de fibres du faisceau cérébelleux direct dorsal et ventral. FRIEDLÄNDER a trouvé la voie dorsale dans la moelle allongée au niveau du segment céphalique du corps restiforme ; la voie ventrale (le faisceau de GOWERS) était représentée par des fibres passant en avant des olives et du trijumeau.

Le *télencéphale* et le *mésencéphale* sont toujours demeurés, dans ces expériences, indemnes de toute dégénération.

Le cervelet est très développé chez les animaux qui, pour nager en haute mer, ont besoin d'un organe d'équilibration et de tonicité musculaire plus parfait que ceux qui rampent ou nagent près des fonds. La locomotion aérienne, qui implique des mouvements encore plus puissants et surtout plus précis, a développé, chez les Oiseaux, une troisième connexion du cervelet avec les organes centraux du système nerveux. Le cervelet qui jusqu'ici n'était relié que par deux commissures aux *cerveaux moyen* et *intermédiaire*, en avant, à la moelle épinière et à la moelle allongée, en arrière, est, chez les Oiseaux, en rapport, au moyen d'un troisième faisceau, avec le *cerveau antérieur*, voie entrecroisée, qui se termine dans un nouvel organe bilatéral, les *hémisphères cérébelleux*. Chez l'homme et chez les autres mammifères, le lobe médian ou *vermis* du cervelet rétrocède de plus en plus devant l'énorme développement de ces hémisphères. Plus que l'expérimentation et l'observation pathologique, l'anatomie comparée établit clairement le rôle du vermis comme organe de l'équilibration et du *tonus* musculaire. (EDINGER, *Ueber die Bedeutung des Kleinhirns in der Thierreihe*, 1889.)

A considérer la structure histologique de l'écorce du cervelet, il semble qu'on y trouve réalisées toutes les conditions de ces associations d'impressions perçues en unités complexes qui sont pour nous la seule façon de concevoir l'origine et la nature des représentations et des notions. Ces représentations et ces notions peuvent être naturellement

fort diverses, et il peut y avoir, dans l'écorce du cervelet comme dans celle du cerveau, des représentations motrices des différentes parties du corps, telles qu'il en existe sûrement aussi dans la moelle épinière et la moelle allongée, sans qu'on doive même songer, pour le cervelet ou pour la moelle, à des représentations, à des images ou à des idées de la nature de celles dont nous avons conscience, et qui résultent de l'activité de l'écorce du cerveau antérieur. Ce n'est pas qu'au fond, et si l'on prend garde aux derniers éléments constituant de ces représentations, *cérébrales, cérébelleuses* ou *spinales,* on puisse jamais y rien découvrir de spécifique, de spécial aux unes et non aux autres, le protoplasma cellulaire des neurones n'ayant qu'une seule fonction, la sensibilité, qui n'est elle-même qu'un cas de l'irritabilité, et cette sensibilité restant essentiellement la même, en dépit de toutes les adaptations et différenciations fonctionnelles acquises par la division du travail physiologique au cours de l'évolution organique des êtres, transmises et fixées, dans ce qu'elles ont d'élémentaire, par l'hérédité. Ce qui distingue une représentation cérébrale d'une représentation cérébelleuse ou spinale, c'est, non pas la nature, mais le degré de complexité des éléments concourant à la production de cet événement psychique. Les éléments qui entrent dans les images mentales, dans la notion de l'objet, dans le concept verbal, quoique toujours réductibles à quelques réactions simples du protoplasma, sont déjà, si on les rapproche de ceux d'une représentation cérébelleuse ou spinale, d'une structure qui rappelle, par exemple, celle d'une molécule d'albumine, comparée à une molécule d'eau ou d'acide carbonique. Les éléments restent au fond les mêmes; la formule de leur structure diffère seule. Mais les propriétés d'un corps sont fonction de sa structure au moins autant que de sa composition.

Le cervelet n'est relié par aucune connexion, ou n'a que des rapports peu connus avec les organes des sens spéciaux, tels que la rétine, le limaçon, la muqueuse olfactive. Il reçoit, au contraire, par les corps restiformes, des impressions sensitives transmises par les nerfs spinaux des *extrémités inférieure* et *supérieure* (cordons de Goll et de Burdach) et par ceux du *tronc* (faisceau cérébelleux direct). Outre les *cordons postérieurs* de la moelle épinière, des fibres du nerf *trijumeau,* du *nerf vestibulaire,* du *vague,* apportent certainement au cervelet des impressions parties des organes de la région de la *tête,* et en particulier des canaux demi-circulaires du *labyrinthe.* Les faisceaux des pédoncules cérébelleux supérieurs, issus du *corps denté* du cervelet, et dont on connaît les connexions avec le *noyau rouge* de la calotte du côté opposé, et avec le *thalamus,* se montrent déjà, à partir des Sélaciens, au nombre des plus anciens rouages du mécanisme cérébral. Par les pédoncules cérébelleux moyens, le cervelet est en rapport avec les noyaux du *pont* du côté opposé, avec l'*écorce* des lobes *frontal, pariétal, temporal* (Flechsig, Edinger). Il ressort des travaux considérables de Luciani sur les fonctions du cervelet, dont les lésions provoquent l'*asthénie,* l'*atonie* et l'*astasie,* non la parésie et la paralysie, que : 1° chaque hémisphère

cérébelleux exerce une action bilatérale, quoique prépondérante du côté correspondant ; et 2° que chaque moitié du cervelet est en connexion prédominante avec l'hémisphère cérébral du côté opposé et avec la moitié de la moelle du même côté. La physiologie et la clinique ont complètement sanctionné ces deux propositions. L'action du cervelet, comme celle du cerveau, est bilatérale. Mais l'action directe, répétons-le, l'emporte sur l'effet croisé, et dans une hémorragie, un abcès ou une tumeur d'un hémisphère cérébelleux, les troubles sont surtout homolatéraux. Dès 1883, énumérant quelques-uns des faisceaux d'association et de commissuration, déjà si nombreux à cette époque, qui relient et associent le cervelet à *toutes* les masses grises du système nerveux central, P. Flechsig le comparait à une « commissure grise » qui ne le cédait guère en importance au corps calleux lui-même, de sorte que « cet appareil, ajoutait-il, paraît tout particulièrement propre à réaliser l'unité dans l'activité des mécanismes centraux ». (*Plan des menschlichen Gehirns*, p. 42-3.) Comme l'écorce des deux hémisphères cérébraux, les *corps striés*, auxquels fait défaut toute autre commissure, lui semblaient être mis en connexion par le cervelet.

Les *pédoncules cérébelleux supérieurs* ont donc, par les *corps restiformes* de la moelle allongée, par l'écorce du *vermis* et du *nucleus dentatus* du cervelet, des rapports définis avec toutes les impressions sensitives provenant des cordons postérieurs de la moelle épinière, prolongements des racines postérieures, de même qu'ils en possèdent de directs ou d'indirects avec le nerf vestibulaire, le trijumeau et le vague. De tout ce qui précède, il résulte qu'au cervelet peuvent arriver des excitations venues de toutes les parties du corps, et que, par conséquent, cet organe peut acquérir et conserver des représentations de la position de notre corps, de nos membres, de notre tête, etc., dans l'espace, de l'état de tension de nos muscles, etc. Si le cervelet possède une manière de conscience ou de *sensorium commune*, c'est-à-dire des représentations associées, nées des résidus des sensations perçues de ces mouvements, et indéfiniment susceptibles d'atteindre, sous l'influence d'excitations internes ou externes, un certain degré d'intensité équivalant, comme un symbole, au réveil ou à l'existence actuelle d'impressions antérieures, on voit de quelle nature pourrait être cette conscience : ce serait celle de notre corps, et, à la rigueur, des impressions de la sensibilité générale. Ce serait une conscience *pour* le cervelet, comme il en existe sans doute une *pour* la moelle épinière, et peut-être *pour* les ganglions du grand sympathique, consciences dont l'écorce du cerveau antérieur n'a probablement aucune connaissance directe, quoiqu'il ne soit pas possible d'accorder que certains centres de cette écorce n'en perçoivent aucun écho plus ou moins vague et lointain. Ainsi, dans un cas d'atrophie du cervelet, le sujet a fait l'effet, à Flechsig, de n'avoir qu'une conscience très affaiblie de sa personnalité intérieure, c'est-à-dire de son corps, de sa cœnesthésie ; l'énergie volontaire, et particulièrement l'attention active, semblaient aussi avoir diminué. Si, dans des cas où tout un hémisphère cérébral est détruit, il n'existe pas d'hémianesthésie croisée, le même savant va jusqu'à dire que c'est sans doute parce que *chaque* pédoncule cérébelleux supérieur est dans le cervelet en rapport avec les *deux* moitiés du corps (*Gehirn und Seele*, 1896, p. 38, 65-66).

C'est que, si la conscience des attributs en quelque sorte externes de la personnalité, notre nom, notre état, nos souvenirs d'enfance et de famille, nos idées du monde et de la vie, ont bien pour siège l'écorce du cerveau antérieur, l'être sans nom qui réagit obscurément sous la poussée des tendances et des instincts organisés de l'espèce est, une première fois, représenté dans tout ce grand centre nerveux, formé d'amas plus ou moins considérables de neurones, souvent d'un volume remarquable, qui s'étend de la moelle épinière à la couche optique, la *formatio reticularis*. « Comme la *formatio reticularis* s'étend aussi bien que les noyaux des nerfs périphériques jusqu'à la région des *tubercules quadriju-*

meaux et des *couches optiques*, la *moelle allongée* atteint de fait à cette hauteur (à peu près au *noyau rouge*) » (Flechsig). C'est là, dans ces régions inférieures, que, pour la première fois, avant d'être représenté dans l'écorce des hémisphères cérébraux, l'individu se connaît vaguement, souffre, respire, crie, et trouve tout montés les mécanismes les plus anciens de la succion, de la mastication et de la déglutition, de la préhension, de la locomotion, bref, de la plupart des mouvements automatiques et réflexes nécessaires à la réalisation des tendances, à la satisfaction des appétits, à la poursuite des instincts. De ce monde, inconnu et à jamais inconnaissable pour toute conscience télencéphalique, de quelque essence qu'elle soit ou puisse être, les excitations retentissent dans la moelle allongée, directement ou indirectement (par la moelle épinière), et, réagissant sur le vague, le trijumeau, etc., déterminent des réactions motrices appropriées, mouvements de défense, de protection, d'assouvissement. Les grosses cellules et les faisceaux nerveux de la *formatio reticularis* arrivent de très bonne heure à maturité. Quoique ces cellules nerveuses soient destinées à subir plus tard les influences d'arrêt du cerveau antérieur, et en dépit de la précocité extrême du faisceau sensitif qui, dans le sein maternel, apporte déjà au fœtus des sensations définies, véritables matériaux avec lesquels s'ordonne inconsciemment la construction représentative de son corps, bien des mois s'écouleront avant que les tendances et les impulsions dont nous parlons soient perçues et que, par leurs associations avec d'autres perceptions sensibles de l'écorce cérébrale, elles provoquent des réactions motrices qu'on puisse appeler conscientes ou volontaires.

On répète d'ordinaire que le côté ou l'aspect psychique fait encore défaut aux tendances et aux impulsions primitives, aux sentiments et aux émotions inférieures. C'est là une façon très inexacte de s'exprimer, l' « aspect psychique » de la vie, conscient ou inconscient, ne faisant jamais défaut dans aucune manifestation des propriétés du protoplasma, quelles que soient ces manifestations.

On ne saurait donc répéter, après Flechsig, que ces tendances (*Triebe*) sont à l'origine de simples processus physico-chimiques dénués de tout caractère psychique. Car ces processus physico-chimiques accompagnent aussi bien les phénomènes les plus élevés de l'activité psychique d'un Kant ou d'un Beethoven que ceux des réactions chimiotaxiques ou héliotropiques d'une amibe ou d'une algue. Ce qui est vrai, c'est que les fonctions des neurones de l'écorce du cerveau humain, quoique toujours identiques, quant aux propriétés élémentaires, à celles du protoplasma constituant l'étoffe des êtres vivants, présentent une complexité et une différenciation qu'implique suffisamment toute la distance qui sépare un grumeau de protoplasma amiboïde d'une machine à structure aussi délicate et variée que le système nerveux d'un mammifère. Qu'on ait toujours présente à l'esprit la molécule d'albumine comparée à la molécule d'eau ou d'acide carbonique. La cellule de la moelle allongée dont le besoin d'oxygène et l'asphyxie causée par l'acide carbonique en excès dans le sang est la cause déterminante de l'exercice d'une fonction telle que celle de la respiration, a *pour soi* une conscience qui ne diffère qu'en degré de celle d'une cellule d'une glande à sécrétion externe ou interne, d'un neurone spinal, cérébelleux, cérébral. L'erreur consiste à parler de conscience

d'une manière abstraite, et à douer de cette prétendue propriété, qui n'est rien de plus qu'une résultante d'une combinaison au plus haut point instable, se faisant et se détruisant sans cesse, non seulement le protoplasma vivant, mais les éléments des protoplasmas encore épars dans la nature. La conscience n'est pas nécessairement une vie de représentations claires : elle n'apparaît pourtant, selon nous, comme une combinaison ou un épiphénomène, que lorsque les sensations, simultanées ou successives, peuvent être associées de manière à réagir d'une façon plus ou moins coordonnée sous forme de mouvements adaptés, condition de conservation pour l'individu et de survie pour l'espèce.

Le *thalamus opticus,* ou une partie de ce ganglion, le *noyau principal* (*Hauptkern des Sehhügels,* FLECHSIG, v. TSCHISCH) qui, morphologiquement, n'appartient pas, comme le corps strié, à l'écorce cérébrale, présente, ainsi que le cervelet, la plupart des conditions anatomiques que nous considérons comme nécessaires et suffisantes à la production de représentations élémentaires de sensations ou de sentiments devenus organiques par la répétition des actes ou le fraiement des voies nerveuses. De tous les points du système nerveux périphérique et central, des faisceaux se terminent en s'arborisant dans la couche optique ou en partent, quoique, relativement à la masse énorme de ce ganglion, peu de fibres descendantes en sortent. Mais ce grand relai anatomique n'est peut-être le siège d'aucune élaboration ou transformation psychologique, du moins chez les vertébrés supérieurs à système nerveux fortement centralisé dans l'écorce cérébrale. Le thalamus pourrait n'être que cela, un simple relai nucléaire, sans cesser d'être le grand centre réflexe des mouvements d'expression du rire et du pleurer, des émotions et des passions. FLECHSIG ne croit pourtant pas qu'on doive continuer à chercher exclusivement, dans l'écorce et la substance blanche des hémisphères cérébraux, les seuls éléments de la vie psychique. Il revient souvent sur cette idée ; il y insiste : « Des sentiments et des sensations élémentaires (c'est-à-dire non coordonnés en représentations) peuvent très bien, dit-il, exister dans toutes les parties inférieures du cerveau. » Au point de vue des fonctions de cet organe, on appelle inférieures toutes les parties de l'encéphale qui ne sont point, comme l'écorce et la substance blanche du cerveau antérieur, en rapport immédiat avec les représentations ou images mentales. Il est impossible de séparer le corps strié, l'antique ganglion de la base (*Stammganglion*) de l'écorce du cerveau antérieur : le *noyau caudé* et le *putamen* du *noyau lenticulaire* font incontestablement corps avec la base des hémisphères (BETZ). Aux parties inférieures du cerveau appartiennent sûrement, au contraire, le *globus pallidus* du noyau lenticulaire, le noyau externe, le centre médian de LUYS, etc., de la couche optique.

Chez la Grenouille et le Lézard, qui possèdent déjà une écorce cérébrale rudimentaire, apparaissent, dans le cerveau intermédiaire, les premiers amas de cellules nerveuses rappelant les noyaux de la *couche optique*. De même que le lobe optique, la substance grise du pont est beaucoup plus développée chez les vertébrés inférieurs. Avec STEINER, on doit admettre que ces régions, et en particulier le toit du cerveau moyen, représentent une sorte d'appareil d'ensemble d'où se sépareront, chez les mammifères supérieurs, les tubercules quadrijumeaux antérieurs et le lobe occipital (1). On s'explique ainsi que, après l'ablation du cerveau, les Poissons osseux, de même et mieux encore que les Batraciens, conservent la faculté de se servir des impressions de la vue pour la continuation de leur vie psychique. Il en est des centres de coordination des mouvements comme de ceux de la vision ou de l'audition. De la moelle cervicale (Poissons, Amphibiens), ces centres émigrent dans le pont (Oiseaux), et finissent par s'étendre de la moelle épinière aux circonvolutions centrales

---

(1) Cf. L. NEUMEYER, *Histiolog. Unters. üb. den feineren Bau des Centralnervensystems von Esox Lucius mit Berücks. vergleich. anat. u. phys. Verhältn.* Arch. f. mikr. Anat., 1895, vol. 44. 345-365.

Une partie seulement des éléments nerveux qu'on rencontre dans le *tectum* des lobes optiques des Poissons osseux appartient aux fibres optiques ; à celles dont l'axone n'abandonne pas le système nerveux central et peut être suivi jusque dans le *cervelet* et dans la *moelle*, on doit, suivant NEUMAYER, attribuer des fonctions de nature sensitive ou motrice, et, partant, *psychiques*. Les expériences de STEINER sur l'extirpation du cerveau des Poissons osseux (*), expériences exécutées sur le *Squallius cephalus*, ont démontré que les poissons auxquels cet organe a été enlevé conservent encore complètement leurs réactions *volontaires*. Il en résulte que le cerveau antérieur de ces vertébrés manque encore de toutes les « fonctions cardinales » que l'on considère, chez tous les vertébrés supérieurs aux Poissons, comme l'apanage propre et caractéristique du cerveau. STEINER en a donc conclu que, « dans la série des vertébrés, les fonctions du *mésencéphale ont émigré* dans le *cerveau antérieur* quand celui-ci a possédé une morphologie définie, ou, en d'autres termes, que le développement phylogénique du cerveau antérieur est l'effet d'une addition continue de fonctions qui, du mésencéphale, y ont successivement émigré. »

En accord avec ces conclusions de STEINER, dont la portée est si grande, et qu'aucun fait morphologique ne contredit, NEUMAYER croit pouvoir affirmer à son tour qu'il est légitime de localiser dans le *tectum loborum opticorum* des Poissons osseux les fonctions devenues l'apanage spécial de l'écorce du télencéphale. *Le toit du mésencéphale a donc été le substratum de ces fonctions à une époque où le pallium des hémisphères n'existait pas.* Le *tectum loborum opticorum*, dont NEUMAYER a donné dans ce travail, entrepris sous les auspices de VON KUPFFER lui-même, une histologie complète, apparaît clairement, quant à sa structure anatomique, comme l'homologue de la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux des vertébrés supérieurs. Mais cette partie du système nerveux central des Poissons, le toit du mésencéphale, n'est pas seulement l'analogue de la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux quant aux fonctions centrales de la vision : on doit considérer cette ancienne province du névraxe comme le siège de l'exercice des fonctions *psychiques* de la vie de relation qui ont plus tard émigré dans l'écorce des hémisphères du télencéphale, dans les parties du cerveau antérieur qui ne se sont pas encore développées chez les Poissons osseux.

(*) J. STEINER. *Ueber das Gehirn der Knochenfische*. Sitzungsb. d. k. Akad. d Wiss., 1886.

du cerveau antérieur (Mammifères). V. MONAKOW attribue aux noyaux ventraux des couches optiques l'important office de *modérer* les excitations centripètes qui montent vers l'écorce de ces circonvolutions centrales. Exceptées les fibres des faisceaux pyramidaux, la majeure partie des fibres de la couronne rayonnante provient des cerveaux moyen et intermédiaire. La masse grise thalamique représente surtout un territoire où s'irradient les faisceaux provenant des noyaux sensitifs. C'est par l'intermédiaire du thalamus qu'un grand nombre d'excitations optiques, acoustiques, sensitives, sont transmises à l'écorce du cerveau antérieur. Mais les différentes régions de cette écorce reçoivent encore des fibres qui, par la calotte du pédoncule cérébral, et en passant par la capsule interne, s'irradient du *nucleus* LUYSII, de la *substantia nigra,* de la substance grise des éminences bigéminées antérieures, etc.

Très développés dans les classes inférieures des vertébrés, depuis les Poissons jusqu'aux Oiseaux, et si grands parfois qu'on les a pris pour les lobes cérébraux, dont ils peuvent excéder le volume, les *lobes optiques* ne sont plus représentés chez les Mammifères que par les *tubercules quadrijumeaux.* « Leur atrophie, a dit BROCA, coïncide avec le développement des lobes cérébraux proprement dits, c'est-à-dire avec la constitution des hémisphères. Grands encore chez les Monotrèmes, chez les Didelphes, chez les Monodelphes lissencéphales, ils perdent leur volume et leur importance à mesure que l'hémisphères grandit et se perfectionne. De même que, chez les Mammifères ordinaires, la décadence des *lobes optiques* et la fin de leur hégémonie sont la conséquence de la prépondérance des hémisphères, où s'effectue la centralisation cérébrale, de même, chez les Primates, un nouveau perfectionnement de l'hémisphère, attesté par l'amplification énorme du lobe frontal, amènera la décadence des *lobes olfactifs.* »

Glande ou corps pinéal. Epiphyse du diencéphale. — L'*œil pinéal,* ou troisième œil des vertébrés, pour n'être plus qu'un organe rudimentaire de la vision chez quelques Sauriens de l'époque actuelle, une ruine à peine reconnaissable chez les Oiseaux et les Mammifères, a eu, chez les Vertébrés de l'époque prétertiaire, l'importance d'un œil, et possède encore aujourd'hui une structure, sinon une fonction, bien étudiée par les naturalistes chez quelques reptiles (1).

---

(1) « La petite glande, située environ le milieu de la substance du cerveau, tout à l'entrée de ses concavités », que DESCARTES, « en examinant, comme il dit, les choses avec soin », avait reconnue être la partie du corps « en laquelle l'âme exerce immédiatement ses fonctions », par l'intermédiaire

His avait reconnu déjà (1868) que la glande pinéale se développe comme une évagination du cerveau intermédiaire. En 1872, Hagemann (*Ueber den Bau des Conarium*, Reichert's u. du Bois Reymond's Arch., p. 429), traitant par l'acide osmique les éléments constituants de cet organe, y décrit des fibres nerveuses en connexion avec de véritables cellules ganglionnaires.

D'après les dernières recherches de Ramon y Cajal, les nerfs qui vont à la *glande pinéale* sont des nerfs du sympathique : ils y pénètrent avec les vaisseaux. Lorsque ces faisceaux de fibres périvasculaires ont pénétré dans la glande, ils se séparent, les cylindraxes vont, en s'écartant des vaisseaux, entre les acini, où ils forment, en se subdivisant, un riche lacis interstitiel. Sur quelques points de l'organe, Cajal a distingué des cellules spéciales qui ressemblent aux grains du cervelet, mais il n'a pu découvrir leurs cylindraxes (Ramon y Cajal. *Apuntes para el estudio del bulbo raquideo, cerebelo y origen de los nervios encefalicos*, p. 117. Madrid, 1895). Les cellules de la couche interne de substance grise du *ganglion de l'habenule*, chez les mammifères, rappellent également celles des grains du cervelet : les connexions du ganglion de l'habenule avec la glande pinéale reposent, suivant le même histologiste, sur une pure contiguïté. De la commissure interhabénulaire, Cajal n'a vu sortir aucune fibre pour la glande pinéale (p. 97). La *stria medullaris*, qui se termine en grande partie dans le ganglion de l'habénule, et reçoit ses fibres : 1° du *fornix* et de la *corne d'Ammon* ; 2° de la partie basilaire du troisième ventricule, de la *région suprathalamica* ; 3° du *stratum zonale* du thalamus, et du *thalamus* lui-même, passe en arrière dans la *commissure de la glande pinéale*, à laquelle elle abandonne une partie de ses fibres (1).

Götte, dans son Mémoire sur le *Bombinator igneus* (1875), démontre que l'*organe frontal* est une partie du système nerveux qui s'est isolée, est sortie du crâne, mais, chez les larves d'Anoures, est encore en continuité avec l'encéphale, et n'est autre que l'épiphyse. Après les recherches de Wiedersheim, qui décrit l'épiphyse chez la Lamproie et l'Ammocète (1880), de Cattie (1882), de Van Wijhe (1882) sur l'épiphyse des Sélaciens, des Ganoïdes et des Téléostéens, Rabl-Rückhard, en étudiant le cerveau des Poissons osseux, compare l'épiphyse embryonnaire aux vésicules optiques primaires, à un organe des sens impair semblable à l'œil ; il notait que, chez les Reptiles (*Lacerta*, *Anguis*), il existe, dans l'os pariétal, chez l'animal complètement développé, un trou arrondi, trou pariétal (*Die Deutung und Entwicklung des Gehirns der Knochenfische*, Arch. f. An. u. Phys., 1882). On connaissait, par Leydig, qui le premier accorda une attention spéciale à la glande pinéale (1853 à 1890), un organe situé au milieu de l'os pariétal des Lézards, dont la structure avait éveillé chez ce savant l'idée d'un organe des sens : il l'avait appelé l'organe du « sixième » sens. L'idée que le corps de Leydig appartenait à l'épiphyse fut appuyée par Strohl et par Hoffmann. Rabl-Rückhard écrivait que « la glande pinéale des vertébrés devait être considérée comme un rudiment d'œil impair ». Puis, rappelant qu'à la voûte du crâne des Enaliosauriens fossiles du lias, l'Ichthyosaure et le Plésiosaure,

---

des esprits remplissant les ventricules du cerveau, la glande pinéale, considérée souvent encore comme une simple glande vasculaire, possède, au contraire, la structure d'un ganglion cérébral en rapport intime avec le système nerveux, bref, d'un « ganglion d'origine », suivant Meynert, qui en avait fait l'histologie, et qui a signalé ses connexions avec la substance blanche des hémisphères cérébraux, d'une part, et, d'autre part, avec le pédoncule cérébral par la commissure blanche postérieure. (*Vom Gehirne der Säugethiere*. Handb. der Lehre von den Geweben. Leipzig, 1872, p. 743-4.)

(1) Kölliker. *Zur feineren Bau des Zwischenhirns und der regio hypothalamica*. Verhandl. d. anat. Gesellsch. auf d. neunten Vers. in Basel, 1895.

il existe un trou impair qui n'est autre que le trou pariétal des Sauriens, il inclinait à penser que peut-être l'organe pinéal était moins un organe de la vision qu'un organe spécial du sens de la température (*Organ des Wärmesinnes*), destiné à préserver ces Reptiles, étendus sur les rivages et les bancs de sable des mers liasiques, contre l'intensité trop forte des rayons solaires. De même, AHLBORN, se fondant sur le fait que, comme les vésicules optiques primaires, l'épiphyse naît, à l'instar d'un diverticule creux, de la paroi du cerveau, qu'elle dérive et fait partie de la région optique du cerveau et est spécialement en rapport avec le thalamus optique, n'hésita pas à conclure de ses études sur le cerveau des Cyclostomes, que « la glande pinéale des vertébrés doit être considérée comme le rudiment d'un œil impair, d'un œil frontal qui a maintenant encore un analogue physiologique dans l'œil impair des Tuniciers et probablement de l'Amphioxus » (*Untersuch. üb. das Gehirn der Petromyzonten*. Zeitschr. f. wiss. Zool., XXXIX, 1883; cf. vol. XL, 1883). On entrevoit déjà l'importance de cet organe pour la phylogénie des vertébrés. Cet organe, dont le défaut d'usage a amené l'atrophie, puis l'arrêt de développement, est pourtant d'une structure infiniment plus différenciée que la tache pigmentaire de l'Amphioxus ou l'excavation cupuliforme des Ascidies. Ce n'est qu'au point de vue phylogénique qu'il est légitime de rapprocher l'œil pariétal de l'appendice visuel de ces vertébrés inférieurs. L'œil pariétal est même d'une organisation bien plus élevée que l'appareil oculaire des Myxinoïdes.

A HENRI W. DE GRAAF, de Leyde, revient l'honneur d'avoir démontré le premier que l'épiphyse d'*Anguis fragilis* affecte tout à fait la structure de l'œil d'un Invertébré supérieur, d'un Céphalopode, par exemple. Le travail de GRAAF comprend différents Amphibiens urodèles et anoures et deux Reptiles (*Zur Anat. und Entwicklung d. Epiphyse bei Amphibien u. Reptilien*. Zool. Anzeiger, IX, 1886, p. 191 sq.). Chez les Amphibiens urodèles, l'évagination du cerveau intermédiaire qui correspond à l'épiphyse demeure sous la pie-mère dans la cavité crânienne; chez les Anoures, l'extrémité antérieure de l'épiphyse s'élève hors du crâne, sous la peau : entourées d'une capsule de tissu connectif, fournie par la pie-mère, les cellules épithéliales de ce corps subissent une métamorphose régressive par dégénération graisseuse. Telle est l'épiphyse de *Rana temporaria* et *esculenta*, de *Bombinator igneus*, de *Bufo cinerea*. L'épiphyse se développe chez les Reptiles comme chez les Amphibiens. Ainsi, chez *Anguis fragilis*, la paroi de la vésicule qui, chez l'animal adulte, occupe le trou pariétal, est formée de différentes couches de cellules : de dedans en dehors on rencontre des formations qui rappellent les couches du pigment et des bâtonnets de la rétine jusqu'au cristallin. Comme RABL-RÜCKHARD, GRAAF mentionne les grands trous pariétaux (foramina parietalia) des Sauriens fossiles et des Amphibiens éteints, dont la situation topographique correspond parfaitement au trou pariétal des petits Reptiles actuels. Pour les deux auteurs, il n'est guère douteux que, chez ces ancêtres de nos Sauriens, où le trou pariétal s'ouvrait librement à l'extérieur, comme une orbite, l'épiphyse n'ait eu les fonctions d'un œil véritable. Dérivée du troisième ventricule, par conséquent de la partie dorsale du diencéphale, le *thalamencéphale*, l'anatomie et l'embryologie de l'épiphyse, chez les Amphibiens et les Reptiles, décelaient une homologie véritable entre l'œil impair des larves d'Ascidies, la tache pigmentaire de l'Amphioxus et l'épiphyse des Vertébrés. L'œil impair est certainement plus ancien que les yeux latéraux : il est plus simple; il existe seul chez les ancêtres communs des Vertébrés.

DARKSCHEWITSCH (Moscou), au cours de recherches d'anatomie comparée, s'était, de son côté, persuadé qu'on ne saurait contester la nature nerveuse de l'épiphyse, quoique celle des cellules constitutives de l'organe n'eût pu être établie jusqu'alors; il insistait sur la richesse des connexions fibrillaires qui, par les pédoncules, mettent la glande pinéale en

rapport avec la capsule interne, les stries médullaires du thalamus, le faisceau de MEYNERT, la bandelette optique et la commissure cérébrale postérieure (*Zur Anat. der Glandula pinealis*. Neurol. Centralbl., 1886, 29). Les rapports de l'épiphyse avec la commissure postérieure (MEYNERT, PAWLOWSKY) auraient été ici d'une importance capitale, si l'on prend garde à l'étroite relation existant entre la commissure postérieure du cerveau et les noyaux des nerfs moteurs de l'œil.

Dans le groupe des Lacertiens, chez *Hatteria punctata*, si bien étudiée par BALDWIN SPENCER, l'analogue d'un nerf optique, le *nerf pinéal* ou *épiphysaire* (et non une branche du trijumeau, comme l'avait pensé GRAAF), pénètre directement dans l'épiphyse : ses fibrilles s'étendent circulairement en arrière de la vésicule (*The parietal Eye of Hatteria*. Nature, XXXIV, 13 mai 1886. Cf. Quartely Journ. of microscop. sc., novembre 1886). Les bâtonnets émettent par leur extrémité postérieure des prolongements qui traversent les couches successives de granulations et entrent en rapport avec les noyaux de ces couches ; dans la capsule de tissu connectif qui renferme l'œil rampent et se ramifient des vaisseaux sanguins qui y pénètrent avec le nerf. Au-dessus du trou pariétal existe une dépression très nette de la peau du crâne. Selon SPENCER, cet organe, dont on ne peut, dit-il, ni nier ni affirmer l'existence chez les *Poissons*, avait atteint son plus haut développement chez les *Amphibiens* et dans le groupe des *Sauriens* fossiles qui peuvent être regardés comme les formes ancestrales des *Reptiles* et des *Oiseaux* actuels. Il est bien plus probable que, chez les *Poissons*, cet organe était très différencié, si l'on en juge par le *Petromyzon*, dont l'œil pinéal possède un nerf comme celui d'*Hatteria*. L'œil pinéal d'*Hatteria* est donc très nettement formé, au-dessous de la peau du crâne, représentant une *cornée*, en passant à travers le trou pariétal, par un *cristallin*, une *cavité oculaire*, une *rétine*, une *choroïde*, un tissu fibreux en manière de *sclérotique*, un *nerf* comparable au nerf optique. La *rétine* est constituée par les éléments suivants : 1° *couche des bâtonnets*, très longs, véritable revêtement épithélial de la cavité de l'œil ; 2° *couche des grains externes*, ou cellules visuelles ; 3° *couche moléculaire intermédiaire* ; 4° *couche des cellules nerveuses de la rétine*, cellules rondes et fusiformes ; 5° *couche des fibres nerveuses*. L'*Hatteria punctata* de la Nouvelle-Guinée est le type le plus élevé que l'on connaisse chez les Lacertiens. Le cerveau est un cerveau typique de Lézard. Chez *Varanus giganteus* (SPENCER), qui présente avec *Hatteria* la plus grande ressemblance, une écaille plus large que les autres, pouvant jouer le rôle de *cornée*, indique la position de l'œil pinéal au-dessous du trou pariétal : au milieu de cette écaille apparaît un point obscur dû à une masse de pigment rassemblé dans le cristallin ; cette lentille, plus épaisse au milieu, s'amincit sur les bords en rejoignant la rétine. Chez *Iguana tuberculata* (SPENCER), la portion centrale, bombée,

de l'écaille est dépourvue de pigment et assez diaphane pour laisser voir l'œil pinéal par transparence sous l'aspect d'une masse noire logée dans le trou pariétal.

Avec un si haut degré de différenciation anatomique, il serait étrange qu'un organe n'exerçât plus aucune fonction physiologique. WIEDERSHEIM a rappelé que, non seulement chez *Hatteria, Varanus, Iguana,* mais chez *Chamaeleo, Lacerta,* la région située au-dessus de l'œil pariétal est « transparente à la lumière » (*Ueber das Parietal-Auge der Saurier*. Anat. Anz., 1886, p. 148). C'est surtout le cas chez *Iguana tuberculata,* et il est tout à fait permis de parler de *cornée* chez ces Sauriens. Aussi WIEDERSHEIM estime-t-il que, aujourd'hui encore, dans certaines limites, l'œil pariétal

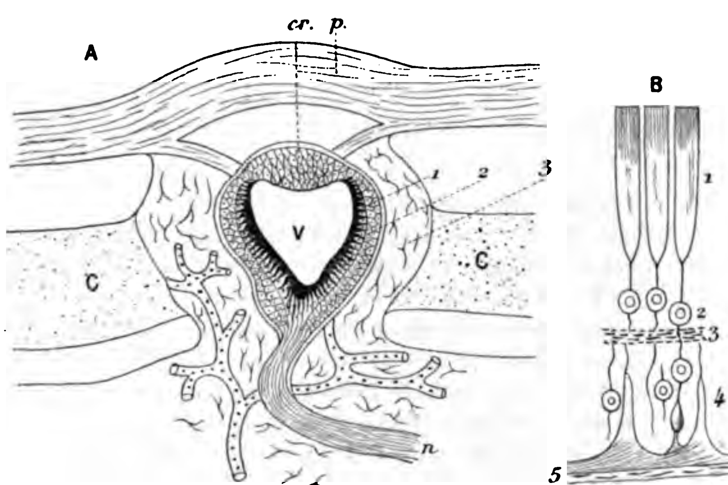


Fig. 5. — Structure de l'œil pinéal des Sauriens.

A, coupe de l'œil pinéal. *p*, peau du crâne représentant une cornée. *CC*, paroi du crâne. *cr*, cristallin. *V*, cavité de l'œil. 1, rétine ; 2, choroïde ; 3, tissu fibreux représentant une sclérotique ; *n*, nerf de l'œil pinéal.
B, éléments de la rétine. 1, couche des bâtonnets ; 2, couche des grains externes ou cellules des bâtonnets ; 3, couche moléculaire intermédiaire ; 4, couche des cellules nerveuses de la rétine ; 5, couche des fibres nerveuses.

fonctionne comme organe de la vue : « Des communications de SPENCER et de GRAAF il ressort, dit-il, que tous deux considèrent le troisième œil des Vertébrés comme un organe qui a bien fonctionné autrefois comme organe de la vue, chez les espèces éteintes d'Amphibiens et de Reptiles, mais qui, au cours du temps, a subi une involution régressive, s'est éloigné de la surface du crâne et serait devenu rudimentaire... S'il est certain que l'œil pinéal a abandonné la place qu'il occupait au niveau de la paroi dorsale du crâne et s'est enfoncé si avant dans le *cavum cranii* que, chez *Hatteria,* par exemple, un bourrelet de tissu connectif de plusieurs millimètres s'est formé à sa périphérie, on doit pourtant bien

prendre garde que les fibres qui le constituent sont d'une structure ayant la transparence du verre, c'est-à-dire qu'elles peuvent être traversées par la lumière... En pesant bien tous ces faits, j'arrive au résultat que l'*œil pariétal des Sauriens, aujourd'hui encore, quoique d'une manière limitée, fonctionne comme un organe de la vue* (*Sehorgan*). On n'a donc point le droit de parler, chez ces Reptiles, d'un organe absolument rudimentaire. Déjà toute la structure anatomique de l'organe s'y oppose : la *rétine* finement différenciée, le *nerf optique,* la *couche de pigment* si développée, le *cristallin* de forme tout à fait régulière, enfin l'abondante vascularisation de l'organe par de nombreux *vaisseaux sanguins.* Je ne trouve rien ici qui permette de conclure sans plus à une métamorphose régressive, comme on l'observe, par exemple, pour l'œil de *Proteus,* des *Gymnophiones* et des *Cyclostomes.* Cette perfection de l'œil serait absolument inexplicable sans l'hypothèse d'une activité fonctionnelle physiologique. Je viens de montrer, je crois, comment on peut se représenter cette activité fonctionnelle en dépit de la situation souvent assez profonde de l'organe. »

Les travaux de Beard (*The parietal Eye of the Cyclostome* (Quart. Journ. of microsc. sc., 1888), de M. Duval et Kalt (*Des yeux pinéaux multiples chez l'orvet.* B. B., 1889), de Leydig (*Das parietal Organ der Amphibien und Reptilien*, Abh. d. Senck. naturf. Ges., XVI, 1890), de Carrière, de Francotte, d'Ostroumoff, et surtout de Julin (*De la signification morphologique de l'épiphyse des Vertébrés.* Bull. scientif. du Nord, 2[e] sér., 10[e] an., 1887, p. 54), de W. A. Locy (*The Derivation of the pineal Eye.* Anat. Anz. IX, 1894, p. 169 sq.), de Prenant (*Sur l'œil pariétal accessoire.* Ibid., 1894, p. 103 sq.), de Klinckowström (Ibid., 1893) et de Béranek (Ibid., VI, VII, 1892, p. 674-689; VIII, 1893, 669-77, etc.), sur l'œil pariétal, l'épiphyse et le nerf pariétal, ont fait passer par des fortunes diverses cette question capitale de morphologie et de phylogénie, mais aussi de physiologie comparée, qui, comme vient de le montrer Wiedersheim, a une si haute portée pour l'étude des fonctions du cerveau des Vertébrés, non seulement fossiles, mais vivant encore sur cette planète. Suivant Béranek, le thalamencéphale donne naissance à deux diverticules qu'il considère comme distincts : l'antérieur correspond à l'œil pariétal, le postérieur à l'épiphyse. L'épiphyse est, comme l'œil pariétal, un organe des sens dont les fonctions ont été certainement en rapport avec la vision chez les Vertébrés les plus anciens. « De ces deux organes sensoriels, le premier, l'*œil pariétal,* ne s'est actuellement maintenu que chez les Sauriens, les Cyclostomes et quelques espèces de Poissons, tandis que le second, l'*épiphyse,* n'a conservé de caractères optiques que chez les Cyclostomes, malgré sa présence dans toute la série des Vertébrés » (Béranek).

En résumé, l'œil impair des *larves d'Ascidie,* avec son cristallin, son pigment et sa rétine, doit représenter, sous une forme dégénérée, l'œil d'un ancêtre, tel que les *Pyrosomes,* où cet œil unique persiste à l'état adulte, et dans lequel on a reconnu un cristallin, une rétine, une couche pigmentaire et un nerf optique en connexion avec le cerveau (Ussow). Chez les *Salpes,* de chaque côté de cet œil impair existe en outre un œil de structure semblable. Chez l'*Amphioxus,* la tache pigmentaire du plafond de la dilatation céphalique de la corde nerveuse peut-elle être considérée comme un organe homologue de l'œil impair des Tuniciers? A. Peytoureau ne croit pas pouvoir l'affirmer : en tout cas,

cet organe serait encore plus dégénéré chez l'*Amphioxus* que chez les *Tuniciers* (*La glande pinéale et le troisième œil des Vertébrés*. Paris, 1887, p. 34 et 70). Chez les *Cyclostomes*, du thalamencéphale sort une formation impaire qui présente les caractères d'évolution et même de stucture de l'œil impair des Tuniciers; on l'a tenue pour analogue à la glande pinéale des Vertébrés supérieurs. Mais « la totalité de l'organe est dégénérée, écrit PEYTOUREAU, qui a pratiqué des coupes de *Petromyzon* PLANERI, et il ne saurait plus guère remplir un rôle physiologique. » Chez les *Poissons*, si l'on excepte les Sélaciens, l'épiphyse est encore plus atrophiée : elle sort toujours sous forme d'un diverticule cérébral de la voûte du thalamencéphale; une portion proximale, pédiculaire, creuse, communique avec le troisième ventricule; une vésicule distale, épithéliale, n'arrive jamais à former ni cristallin, ni rétine. Chez les *Amphibiens*, par exemple, chez le têtard de *Rana esculenta* et chez ce Batracien, la glande pinéale correspond à une petite tache d'aspect transparent située immédiatement en avant du cerveau moyen; l'épiphyse est ensuite repoussée vers les hémisphères comme une tige pédiculaire renflée à son extrémité distale. Chez les *Urodèles*, la dégénérescence succède rapidement à l'arrêt de développement de cet organe; chez les *Anoures*, l'évolution se poursuit : la vésicule distale se détache du pédicule, qui demeure sous les méninges, tandis qu'elle se porte en dehors du crâne dans l'épaisseur même du derme, où elle forme une proéminence sous-épidermique, mais sans trou pariétal. La vésicule distale, cet « œil frontal », subit bientôt une régression profonde. « Aucune des dispositions que l'on rencontre chez les Amphibiens ne jette une lumière assez vive sur les fonctions primitives de l'épiphyse pour nous permettre d'affirmer que son rôle ait eu autrefois, dans ce groupe, plus d'importance, et que sa structure y ait jamais atteint la complexité d'un œil. Cependant les *Labyrinthodons*, ancêtres probables des Amphibiens, possédaient certainement un *œil pinéal* très développé, car ils ont un large trou pariétal. Les *Lacertiens* qui, seuls actuellement, ont un *trou pariétal*, présentent seuls un *œil pinéal*. Donc cet organe devait exister chez les Amphibiens éteints à un état de développement qui le rendait capable de fonctionner » (PEYTOUREAU). Chez les *Lacertiens*, la vésicule distale de l'épiphyse est, en effet, on l'a vu, un véritable œil impair comme chez les *Pyrosomes* : la vésicule optique, avec toute la structure d'un œil, est unie à l'épiphyse par un cordon nerveux qui peut avoir la structure d'un nerf véritable, dont les fibres sont les prolongements cylindraxiles des cellules des couches profondes de la vésicule épiphysaire, comme chez *Chamaeleo vulgaris* (SPENCER), quoiqu'ici l'épiphyse ait subi un profond arrêt de développement. Chez nombre de Sauriens, le même organe, plus ou moins développé, se trouve dans la région du vertex, sous une couche de peau amincie, presque dépourvue de pigment (*Hatteria, Varanus, Iguana*, etc.).

Le *corpus pineale* ou *epiphysis cerebri* est bien, pour KÖLLIKER, ainsi que les recherches de GRAAF et de SPENCER l'ont établi, un organe rudimentaire qui, chez les vertébrés inférieurs, possède la ressemblance d'un œil (œil pariétal): il est essentiellement constitué, chez l'homme et les mammifères, d'une enveloppe de tissu connectif en continuité avec la *pia*, d'où pénètrent à l'intérieur de l'organe un grand nombre de cloisons qui la divisent en compartiments de grandeurs variées. Une substance semblable au tissu adénoïde feutre ces espaces de fins réseaux et d'éléments cellulaires. De ces cellules, les unes sont rondes (de 12 à 15 μ), les autres possèdent des prolongements radiaires. HAGEMANN (1872) admet que les premières sont aussi pourvues de prolongements et décrit des cellules bipolaires ou multipolaires, de 39 à 21 μ, qui seraient en connexion, dans l'homme comme chez le cobaye, avec des faisceaux de fibres nerveuses. BIZZOZERO (1871), pour qui l'épiphyse ne contient que des cellules rondes chez les jeunes enfants, en présente plus tard, avec l'avancement de l'âge, de grosses, remplies de pigment jaune. Le sable cérébral

(*acervulus cerebri*) forme à peu près constamment chez l'homme un élément du parenchyme du *conarium*. Dès 1850, KÖLLIKER, qui se montre très sceptique à l'endroit de cette histologie, a constaté que le corps pinéal renferme un petit nombre de *fibres nerveuses* chez les mammifères. HAGEMANN en a vu au contraire de très nombreuses, chez l'homme comme chez les animaux. D'après RAMON Y CAJAL, des *pedunculi conarii,* qui représentent une sorte de commissure du *ganglion habenulae,* pas une seule fibre ne pénétrerait dans le *conarium,* mais un très grand nombre de fibres nerveuses ramifiées existeraient dans l'intérieur de l'organe, y formant un plexus, en connexion, à la région de la base du *conarium,* avec le riche plexus sympathique environnant les artères du cerveau. Des recherches personnelles de KÖLLIKER il résulte que des fibres nerveuses pénètrent, par la commissure des *pedunculi conarii,* dans le *conarium* des chats et des lapins, mais en très petite quantité; chez l'homme, le corps pinéal serait dépourvu de nerf (1).

Les naturalistes ont établi que le cordon nerveux qui se distribue à l'œil pinéal est l'homologue d'un *nerf optique* capable de transmettre au cerveau les impressions rétiniennes, et que cet œil traverse le crâne par une ouverture — le *trou pariétal* — à l'instar d'une *orbite,* disposition remarquablement développée et chez quelques Lézards actuels et chez les Amphibiens et les Sauriens fossiles. Cet organe des sens, dont les éléments constitutifs ont subi, au cours lent des âges géologiques, une involution régressive si profonde, repoussé aujourd'hui dans la cavité céphalique, n'existe plus guère chez les Vertébrés inférieurs, chez les *Poissons,* les *Amphibiens,* et les *Reptiles* eux-mêmes, qu'à l'état de ruines, et ces ruines elles-mêmes semblent avoir péri chez les *Oiseaux* (2) et les *Mammifères* : le trou pariétal est fermé ; l'œil impair des ancêtres communs des Vertébrés est atrophié, en pleine voie d'involution régressive. Chez l'*Homme,* la glande pinéale est, de même que chez tous les Vertébrés, une évagination du cerveau intermédiaire, issu, avec le cerveau antérieur, de la première vésicule cérébrale. La vésicule distale de l'épiphyse communique encore avec la paroi postérieure du troisième ventricule ; situé à l'extrémité pos-

---

(1) A. KÖLLIKER. *Handbuch der Gewebelehre des Menschen*, 6te Aufl., 1896, II, 480-482. Cf. L. EDINGER. *Vorles. üb. den Bau der nervösen Centralorgane des Menschen u. d. Thiere*, 5te Aufl., 1896, 120, 260. — W. v. BECHTEREW. *Die Leitungsbahnen im Gehirn u. Rückenm.*, 2te Aufl., 1899, 136 : « Contrairement à ce que pensaient SCHWALBE, CIONINI, etc., le *conarium* est un organe pourvu de nerfs. » C'est le rudiment d'un troisième œil ou œil pariétal dont l'existence a été démontrée dans quelques variétés de LACERTA (GRAAF, SPENCER, MICLUCHO-MACLAY). KALLIUS a constaté l'existence d'une véritable et très belle *fovea centralis* chez *Hatteria punctata*. Anatom. Anzeiger, 1898, XIV. Cf. GAKUTARO OSAWA (Tokio). *Ueber die Fovea centralis von Hatteria punct.* Ibid., XV, p. 266-7. — *Erwiderung an* GADOW *auf dem Aufsatz « Zur Rettung von Hatteria »*, XV, 1899, 289-291.

(2) V. L. EDINGER u. A. WALLENBERG. *Untersuchungen über das Gehirn der Tauben*. Anat. Anzeiger, 1899, XV, 245-271. V. Epithalamus, p. 260 sq.

térieure du thalamus opticus, l'antique organe que Galien appelait *conarium*, avec plusieurs anatomistes de son temps, repose entre les tubercules quadrijumeaux ; son pédoncule dégénéré est connu sous les noms de *frein* ou *rêne* de la glande pinéale. De la pie-mère elle reçoit une capsule enveloppante qui envoie dans sa masse des travées conjonctives très vascularisées. Point d'organe, dans le système nerveux tout entier, que la névroglie ait envahi avec plus de puissance. Des masses profondes de ce tissu partent d'épais faisceaux qui se répandent entre les amas cellulaires de la « glande » ; les cellules elles-mêmes sont recouvertes et enveloppées d'un feutrage exubérant de fibrilles névrogliques (1). Ramon y Cajal, nous l'avons rappelé, a pu poursuivre dans l'épiphyse les ramifications terminales d'un certain nombre de fibres nerveuses sympathiques provenant du plexus sympathique des artères voisines ; il a noté dans cet organe la présence de petites cellules ressemblant aux grains du cervelet, mais sans cylindraxe apparent (1895). Enfin, chez l'adulte, des concrétions de phosphate et de carbonate de chaux (*sable cérébral*) forment des amas d'aspect mûriforme. Une histoire plus complète qu'il n'est encore possible de l'écrire du troisième œil des Vertébrés serait un des chapitres les plus importants d'une paléontologie cérébrale, science parallèle à une autre qui s'élabore chaque jour, la paléontologie mentale.

Glande ou corps pituitaire. Hypophyse du diencéphale. — Parmi les formations les plus anciennes appartenant au cerveau intermédiaire, se trouve, au-devant des corps mamillaires, dont le volume est si inférieur, chez l'homme et les grands singes, au *corpus mamillare* des animaux osmatiques, une dépression, en forme d'entonnoir, du plancher du troisième ventricule, constituant l'*infundibulum*, relié, par la *tige pituitaire*, à l'hypophyse (*hypophysis cerebri*). On distingue deux lobes ou lobules de l'hypophyse, le lobe antérieur et le lobe postérieur. L'hypophyse est plus petite chez les vertébrés supérieurs que chez les vertébrés inférieurs. Chez les Poissons osseux, l'*infundibulum* possède un développement considérable. Chez certains amphibiens l'*infundibulum*, le *tuber cinereum* et l'*hypophyse* présentent aussi un degré de développement frappant. L'anatomie comparée et l'embryologie de l'hypophyse, quoique moins avancées que celles de l'épiphyse, permettent sans doute de descendre plus bas encore dans l'histoire des origines de la structure et des fonc-

(1) C. Weigert. *Beiträge zur Kenntnis der norm. menschl. Neuroglia.* Frankfurt a. M., 1895, p. 105.

tions primitives du cerveau. Ainsi, chez les myxines, où il n'y a pas encore d'épiphyse, l'hypophyse est bien développée (Retzius). L'hypophyse, cet « annexe du cerveau », appartient bien, en tout cas, comme l'épiphyse, au système nerveux central. L'hypophyse est d'ailleurs un organe double, et, à sa double structure, correspondent des fonctions distinctes.

La portion nerveuse de l'*hypophyse* contient des fibres et des cellules. Les cellules étoilées, triangulaires, sont de contour irrégulier : presque toutes leurs expansions sont courtes et se terminent par des extrémités variqueuses. Cajal ne saurait décider si ces éléments sont de nature nerveuse, épithéliale ou conjonctive. L'hypophyse est presque toute remplie d'un plexus épais et serré de fibres nerveuses, fines, variqueuses, qui se ramifient d'une façon exubérante entre les cellules de l'organe. Des coupes longitudinales de l'hypophyse démontrent que ces fibres sont les arborisations terminales d'un faisceau qui descend le long de l'*infundibulum*. De ce plexus terminal feutrant toute l'épaisseur de l'hypophyse, et dont Cajal a vu les cellules d'origine, dans une masse grise située derrière le chiasma, des fibrilles s'élèvent sur la paroi épithéliale de l'organe et s'y terminent librement entre les corpuscules épithéliaux (1).

Kraus se a vu ces fibrilles variqueuses de nature nerveuse et indiqué leur trajet. Berkley de Baltimore a décelé, avec la méthode de Golgi, des arborisations de fibres sympathiques dans la portion glandulaire de cet organe : il décrit des cellules de névroglie et d'autres qu'il tient pour nerveuses (chiens, etc.). Chez l'homme, Kölliker n'a trouvé, ni chez le nouveau-né, ni chez l'adulte, en se servant de la même méthode, un seul élément de cette province de l'hypothalamus qu'on puisse sûrement appeler nerveux. « L'aspect rigide de ces éléments, leur coloration rouge, l'absence de cylindraxe, leur mode de groupement, incline décidément à croire que ce sont des éléments de la névroglie, par exemple, des cellules épendymaires. » (*Handb. der Gewebelehre d. Menschen*, 1896, 665). Ces conclusions valent, selon Kölliker et selon Retzius, pour le *lobus infundibuli* de l'hypophyse de l'homme et des mammifères supérieurs. Nous ne pouvons que rappeler ici les observations de Studnička et de Retzius sur le *saccus vasculosus* (2) et surtout la théorie nouvelle de von Kupffer (1894), sur la nature et les fonctions des trois différents organes compris sous le nom de glande pituitaire.

Chez les larves d'Amphioxus, la glande subneurale est un organe homologue de la pituitaire : la situation, la structure histologique, l'origine et les connexions anatomiques de cette glande avec le plancher de la cavité ventriculaire et le toit de la cavité buccale, tout semble confirmer cette vue de W. Lloyd Andriezen (3). La glande subneurale entre en rapport avec un groupe de cellules nerveuses spécialisées existant à la base de la cavité céphalique ; en avant de cette région, le canal central de la corde spinale semble, chez ces larves, se dilater en ventricule distinct : un canal relie la cavité buccale et la cavité ventriculaire : c'est le *canal bucco-ventriculaire*, dont la fine lumière capillaire est tapissée d'un

---

(1) S. Ramón y Cajal, *Algunas contrib. al conocimiento de los ganglios del encefalo*. Anales de la Soc. esp. de hist. nat. (2e sér.), III (XXIII), Madrid, 1894, p. 214-15.

(2) Cf. L. Edinger, *Vorles. üb. den Bau der nerv. Centralorgane*. Leipzig., 1896, 264-5.

(3) *The Morphology, Origin and Evolution of Function of the pituitary Body, and its Relation to the central nervous System*. British medical Journal, Jan. 13, 1894, p. 54-58.

épithélium de cils vibratiles. Les *cellules nerveuses* dont il vient d'être fait mention s'agglomèrent autour de l'orifice neural de ce conduit; les *cellules épithéliales* de la glande subneurale autour de l'ouverture buccale du canal. Les Ammocètes, larves de *Pétromyzon fluviatilis,* montrent avec plus de netteté ces dispositions primitives que l'*Amphioxus,* dont le caractère dégénéré et le développement asymétrique offrent nombre d'altérations du type générique dues à des conditions d'adaptation secondaires.

Ainsi, chez l'Amphioxus comme chez l'Ammocète, on distingue dans la pituitaire trois organes de structure diverse : un organe glandulaire subneurale, primitivement médian, et issu de l'épithélium de la cavité buccale; cet organe se trouve à l'orifice d'un deuxième canal aux parois revêtues d'un épithélium cilié, reliant les cavités buccale et neurale; un amas de cellules nerveuses groupées autour de l'orifice où ce canal s'élargit en passant dans la cavité ventriculaire : cet élargissement, c'est l'*infundibulum,* et ce canal doit être appelé *bucco-infundibulaire.* Une heure ou deux après avoir mêlé à l'eau où vivent ces animaux une fine émulsion de carmin, on retrouve des particules de carmin dans le canal et sur le ventricule de l'animal sacrifié : le courant d'eau entré dans la cavité buccale pénètre donc bien dans le ventricule. Si l'animal en vie est tenu longtemps dans l'eau ainsi colorée, après un jour on peut suivre à la trace les particules du carmin dans toute la longueur du canal central de la corde jusqu'à l'extrémité postérieure, où le canal spinal s'ouvre à l'extérieur (*canal neurentérique*). Ces observations et expériences établissent la *raison d'être,* ainsi qu'aime à s'exprimer Lloyd Andriezen, et du *canal bucco-ventriculaire,* où pénètre l'eau ambiante, et de l'*épithélium cilié* des cavités nerveuses centrales, dont les cils impriment un mouvement au courant, et du *canal neurentérique,* formant la voie par où s'écoule le courant d'eau après son passage à travers tout le système nerveux central. Le canal bucco-ventriculaire est la voie par laquelle l'oxygène, apporté par l'eau courante, peut pénétrer, envahir tout le système nerveux central. Grâce à l'action des cils, l'eau traverse lentement le tube nerveux, chargée des produits gazeux (CO_2) et autres résultant de l'activité des fonctions nerveuses, des oxydations des tissus, des déchets de la vie organique, et déverse le tout par l'extrémité, toujours ouverte, du canal neural. Les recherches de Kowalesky sur les Ascidies, de Götte sur les Amphibiens, de Kölliker, His, Balfour, s'accordent sur l'existence d'un *canal neuranal.*

La portion de la glande pituitaire représentée par un canal est donc une véritable conduite d'eau, un vaisseau, non pas sanguin, mais aqueux, servant à apporter de l'oxygène au système nerveux central; le canal neurentérique est au contraire une voie d'écoulement pour les produits de déchet résultant de l'activité du système nerveux central. Que, chez les vertébrés les plus anciens, l'existence de systèmes vasculaires aqueux ait précédé la naissance et le développement de systèmes vasculaires sanguins, c'est un fait établi. Ce mode primitif d'irrigation des tissus nerveux se retrouve chez différents Ascidiens larvaires et adultes, chez le Balanoglossus, les Ammocètes, etc. La *larva bipinnaria* des Astéroïdes (Echinodermes), aussi bien que celle de Balanoglossus (*Tornaria*), présentent des organes vasculaires aqueux, rendant ainsi manifeste « la très haute antiquité de ce système vasculaire et son importance considérable dans le règne animal » (Andriezen). Dans le phyle qui, morphologiquement et génétiquement, se rapproche des ancêtres des vertébrés (formes larvaires de Mollusques et d'Echinodermes), on trouve des systèmes vasculaires aqueux de nature complexe irriguant tous les tissus et organes du corps; bref, c'est là un fait biologique très général et qui s'étend très loin dans le passé. Tel Ascidien dégénéré résume, à grands traits, cette histoire. Chez la larve de Botryllus, on voit, à la base élargie du *thalamocoele,* l'agrégat de cellules dont nous avons parlé, et un canal relie, comme chez les larves d'Amphioxus, les cavités buccale et neurale. C'est que, au cours de son existence

larvaire, le Botryllus a une vie active; l'oxygène apporté par l'eau est nécessaire aux fonctions de son système nerveux. Au contraire, chez le Botryllus adulte, qui vit fixé, en parasite, et dont les centres et les organes de l'olfaction et de la vision, cessant de se développer, se sont atrophiés et ont dégénéré, l'activité du cerveau est très diminuée. Aussi, et sans insister sur certaines modifications secondaires d'adaptation de la région de la tête, le canal s'oblitère et se ferme.

Le canal *bucco-ventriculaire,* situé en avant de l'extrémité antérieure du système nerveux central, et servant d'entrée au courant vasculaire aqueux allant de la cavité buccale à la cavité ventriculaire du cerveau, est un *neuropore ventral.* A une époque plus reculée, avant l'époque du neuropore ventral et des formations pituitaires, dit Andriezen, il exista un *neuropore dorsal,* qui, fermé de bonne heure chez l'Amphioxus, persiste chez les Ascidies et le Balanoglossus adultes. L'orifice du neuropore dorsal du Balanoglossus n'atteint que la surface du cerveau. Mais, chez les jeunes, plus actifs, le cerveau et sa cavité ventriculaire sont encore en communication directe avec le canal dont l'eau courante va, sous l'impulsion des cils, irriguer plus à fond les tissus encéphaliques. Chez les Appendiculaires, chez les Salpes, Tuniciers nageurs, il existe un neuropore dorsal : chez les jeunes, ce canal cilié s'ouvre dans la cavité cérébrale, tandis que, chez l'adulte, la cavité cérébrale et le tube cilié sont tous deux oblitérés. De même, chez l'Ammocète, larve de Pétromyzon, le neuropore dorsal existe à l'état de phase transitoire. Des rudiments de cet organe, sans activité fonctionnelle, ont été observés chez des vertébrés d'organisation plus élevée, tels que les Poissons élasmobranches et les embryons d'Oiseaux (van Wijhe). Il importe bien de noter que le neuropore dorsal ou ses vestiges, situés en avant de la glande pinéale, est « une structure plus archaïque ». Le canal ventral pituitaire, ou canal bucco-infundibulaire, fut une formation postérieure dans le temps : il apparaît plus tard dans le développement ontogénique de l'individu, il possède aussi un plus haut degré d'évolution, étant associé à l'organe glandulaire (*lobe antérieur*) et à l'organe nerveux (*lobe postérieur*) de l'hypophyse. Cette vue se trouve confirmée par les récentes recherches de Salensky sur les *Pyrosomes.* « La nécessité de fournir une quantité considérable d'oxygène aux tissus du système nerveux central fut ainsi réalisée, malgré tout, chez le Balanoglossus, les Salpes, les Appendiculaires, et les deux types de *Pyrosoma,* par le neuropore dorsal et ses connexions avec la cavité ventriculaire ». Plus tard, un progrès plus grand fut atteint chez les Salpes, l'Amphioxus, les Ammocètes, etc., grâce à l'apparition d'un canal plus complexe associé à un organe tel que la pituitaire, dont il nous reste à indiquer le rôle physiologique d'après Lloyd Andriezen surtout, dont les recherches expérimentales et les observations d'anatomie comparée ont tant de profondeur et d'originalité.

Les organes associés au *canal pituitaire* sont, nous l'avons rappelé : 1° une *glande* d'origine buccale (épiblastique); 2° un *centre nerveux* développé à la base du cerveau, à l'orifice du canal s'ouvrant dans la cavité ventriculaire. Ce dernier organe, placé à l'ouverture par laquelle le courant d'eau pénètre dans les cavités du système nerveux central, servait certainement à réagir, comme un organe de sensibilité générale, contre les causes éventuelles de danger qui auraient pu pénétrer dans l'organisme avec l'eau. Ce n'est pas là un phénomène isolé; Andriezen cite des organes à fonction analogue chez les mollusques, par exemple. Des organes de sensibilité semblablement spécialisés se sont développés, d'après une loi biologique assez générale, sur d'autres orifices (buccal, respiratoire, etc.). Bref, le rôle physiologique du groupe de cellules nerveuses formant le lobe postérieur de l'hypophyse et se continuant jusqu'à une certaine distance sur l'*infundibulum* semble évident. Chez les vertébrés ancestraux où le canal pituitaire fonctionnait encore et formait la voie d'arrivée du courant vasculaire aqueux, les centres nerveux de sensibilité générale situés à

l'origine de ce canal fonctionnaient donc aussi. Plus tard, quand apparut et se développa le système vasculaire sanguin, dont le liquide irrigua les organes nerveux centraux, apportant désormais l'oxygène à leurs tissus, la nécessité de l'antique courant vasculaire aqueux cessa d'exister; le canal pituitaire se ferma et fut oblitéré par du tissu conjonctif et de la névroglie; l'organe nerveux de sensibilité en connexion avec ce canal, ne fonctionnant plus, s'atrophia. Le lobe postérieur ou nerveux de la pituitaire commence en effet à s'atrophier chez toutes les formes de vertébrés supérieurs aux larves de *Pétromyzon*, aux Ammocètes; c'est, chez les mammifères et chez l'homme, un organe excessivement atrophié et dégénéré, envahi, comme l'*épiphyse*, par la névroglie.

De l'ensemble de ces faits si curieux il ressort bien que l'hypophyse est un organe complexe. Des trois parties qui la constituaient aux hautes époques, l'organe glandulaire, situé en avant, le canal vasculaire aqueux et le lobe nerveux, de nature sensitive, les deux dernières, dont la structure et les fonctions avaient tant d'importance chez les très anciens vertébrés, se sont atrophiées par défaut d'usage, et, pour toujours, ont dégénéré, chez les vertébrés supérieurs aux larves d'Acrâniens et aux Ammocètes. Chez les larves de Grenouilles ou de Salamandres, les progrès de cette involution régressive du lobe postérieur de l'hypophyse sont déjà fort accusés : des portions de l'infundibulum nerveux sont réduites par places à une mince couche d'épendyme recouverte d'une pie-mère très vascularisée; toute cette partie du lobe postérieur de la pituitaire prend l'aspect d'un sac plexiforme sillonné de vaisseaux (*saccus vasculosus* des Amphibiens et des Poissons). Chez l'homme, ce lobe postérieur ne représente guère, en dehors de la névroglie, qu'une ruine de ce qui avait été un centre nerveux à fonction déterminée.

Certes, le remplacement d'un système vasculaire aqueux par un système vasculaire sanguin, l'oblitération de l'orifice vasculaire aqueux et du canal infundibulaire, l'atrophie de l'organe nerveux de sensibilité générale qui était en connexion avec ces structures, la fermeture, d'autre part, du canal de décharge (canal neurentérique), la dégénération graduelle et finale des cils de l'épithélium central, dont les mouvements rhythmiques propulsaient le courant d'eau servant à irriguer le système nerveux central, tous ces faits, tirés de l'oubli et remis en lumière, nous semblent restituer *un des chapitres les plus anciens de l'archéologie du système nerveux*. Nulle part on ne voit peut-être mieux apparaître les conditions de cette « évolution » et de cette « dissolution » des systèmes organiques qui se succèdent dans le temps incommensurable, non sans laisser toutefois des traces encore perceptibles de leur passage dans la vie. Des considérations de cette nature ne sont pas étrangères à LLOYD ANDRIEZEN, qui se réclame avec raison de son grand compatriote, de DARWIN. Il appelle l'attention, ainsi que nous l'avons souvent fait, après STEINER et EDINGER, sur la nécessité d'étudier les problèmes biologiques en se plaçant au « point de vue comparatif et zoologique ». Il estime, et il convie à cette œuvre physiologistes et pathologistes, que, par des expériences sur les vertébrés inférieurs, on acquerra des connaissances plus étendues, plus profondes, sur l'*origine et l'évolution des structures et des fonctions*, et

qu'ainsi l'on comprendra leur *raison d'être* chez les animaux supérieurs et chez l'homme (1).

Quant au troisième élément constituant la pituitaire, le *lobe antérieur*, qui offre la structure typique d'une glande, il est formé de cellules épithéliales disposées en *lobuli* et en *acini*, dont les nombreux conduits excréteurs s'ouvrent dans un canal principal, le *canal bucco-ventriculaire* ou *pituitaire*. L'étude histologique de cette portion de la pituitaire, chez les Ammocètes entr'autres, a montré ses rapports avec l'*infundibulum* et le lobe postérieur. Dans les formes primitives, la sécrétion glandulaire était déversée dans le canal et emportée avec le courant vasculaire aqueux dans le système nerveux central. Un pareil phénomène est significatif: un organe glandulaire, développé à l'orifice d'un canal, déverse sa sécrétion dans ce canal; cette sécrétion arrive dans les organes nerveux centraux, mêlée à l'eau qui apporte l'oxygène à ces organes, et là entre en contact intime avec les tissus nerveux. Que cette sécrétion doive servir, comme l'oxygène de l'eau, à quelque usage de l'économie, par exemple aux échanges des tissus nerveux, c'est ce qui apparaît assez clairement. Son action sur ces tissus peut être de nature ou *trophique*, ou *destructive*, ou les deux en même temps. Dans le premier cas, elle favoriserait l'assimilation de l'oxygène du courant vasculaire aqueux; dans le second, elle

---

(1) Cf. E. GLEY. *Exposé des données expérimentales sur les corrélations fonctionnelles chez les animaux*. Paris, 1897.

« De même qu'au point de vue morphologique, c'est l'étude de la formation des tissus et des organes, d'une part, et, d'autre part, celle de la formation des espèces qui est vraiment l'étude supérieure; de même, pour la physiologie, le but suprême doit être la connaissance de la formation et de l'évolution des fonctions. Et s'il est vrai que les travaux, non pas seulement, bien entendu, des zoologistes et des anatomistes, mais même des paléontologistes et des embryologistes, le cèdent en valeur explicative et en portée doctrinale à ce que l'on pourrait appeler les recherches morphogéniques, appliquées soit à l'individu, soit à l'espèce, il n'est pas moins vrai que la détermination du fonctionnement des organes, des tissus, des cellules et même des protoplasmas ne conduit pas encore au plus profond de la science de la vie. Ni GALIEN, qui le premier fit de la physiologie la science de l'usage des organes (*usus partium*), ni HARVEY, et, en ce siècle, tant de physiologistes étudiant les fonctions des organes, ni BICHAT, étudiant celles des tissus, ni SCHWANN, ni VIRCHOW, et, de nos jours, tant d'autres étudiant la physiologie cellulaire, ni même CLAUDE BERNARD interrogeant le protoplasma, n'ont pénétré assez avant dans la connaissance du développement des actions vitales; toutes ces recherches ont fait de l'être vivant une association d'organes, et, mieux, un composé d'activités cellulaires individuelles; de cette notion même sans doute, il résultait que tous ces organes ou toutes ces cellules sont en relations réciproques; mais les relations ainsi posées n'apparaissent-elles pas comme étant surtout mécaniques, dépendant essentiellement de dispositions structurales et tenant par conséquent moins à la composition même de l'être, c'est-à-dire à sa nature intime, qu'à sa forme, c'est-à-dire à quelque chose d'extérieur encore, de moins immanent? Cependant il faut arriver à voir dans l'être vivant les relations génétiques qui existent entre ses diverses parties. C'est qu'avant d'être cette association ou ce composé, il est d'abord et surtout un résultat, un produit des processus physico-chimiques qui se passent dans sa substance primitive et fondamentale, puis des propriétés physico-chimiques de toutes les substances

servirait à neutraliser les effets nocifs pour l'organisme des produits accumulés de désassimilation résultant de l'activité des tissus nerveux. Après tout, ces fonctions se confondent en quelque sorte par la racine : « une assimilation adéquate de l'oxygène par les tissus nerveux assure une destruction adéquate (oxydation) des matériaux de désassimilation provenant des échanges du système nerveux ». On a vu comment, par le développement du système vasculaire sanguin, s'étendant dans les organes nerveux centraux, où il distribue l'oxygène aux tissus de ces organes, le besoin d'un courant vasculaire aqueux avait pris fin, comment le canal pituitaire s'était fermé, ainsi que le canal neural postérieur, comment l'épithélium cilié s'atrophia et, cessant de fonctionner, le tissu nerveux du lobe postérieur de la pituitaire dégénéra, ne laissa plus subsister qu'une ruine.

Il n'en fut pas de même du *lobe antérieur,* de l'organe glandulaire de l'hypophyse. Après l'oblitération du canal pituitaire, et lorsque le courant vasculaire aqueux n'irrigua plus les tissus nerveux, l'oxygène continua d'y être apporté par le courant vasculaire sanguin. La glande pituitaire continua donc à sécréter. Seulement, après l'oblitération de son canal excréteur externe, cette glande est devenue une glande à « sécrétion interne ». Celle-ci, absorbée par les lymphatiques, et, passant ainsi dans la circulation, pénétra dans les tissus nerveux avec le courant sanguin. Les *secreta* qui, comme « sécrétion externe », arrivaient autrefois, avec le courant aqueux, dans la système nerveux, furent maintenant réabsorbés dans les lymphatiques et passèrent avec le courant sanguin dans les tissus. Ainsi, la sécrétion de l'organe glandulaire de la pituitaire n'a point cessé d'agir sur le système nerveux des vertébrés : son « antique fonction trophique » n'a pas été abolie sous le régime nouveau, mais maintenue. Et de fait, l'activité de cette glande semblerait avoir augmenté pour quelque temps, à en juger par le volume relatif et la grande vascularisation de l'organe, lorsqu'on s'élève des cyclostomes aux poissons. Pourtant, des amphibiens aux mammifères, le volume relatif de cette glande n'a pas suivi le développement du système nerveux, ce qui semble indiquer qu'ayant atteint l'acmé de son développement chez les vertébrés inférieurs, elle commence, dit Andriezen, à manifester des signes de diminution d'activité chez les vertébrés supérieurs, quoique toujours fonctionnellement active, même chez l'homme. L'examen du volume et du poids de la pituitaire confirme ces inductions. On a voulu voir dans l'hypophyse le représentant d'une paire d'arcs branchiaux préoraux

---

qui le constituent peu à peu et qui ne peuvent pas ne pas réagir les uns sur les autres. Telle a été peut-être, en partie au moins, l'idée de Charles Robin, qui comprenait avant tout l'être vivant comme un *produit* réciproque d'activités bio-chimiques et qui, dans sa conception de « l'état d'organisation » (*Dictionn. encyclop. des sc. méd.*, article *Organe*), cessait d'attribuer une importance exclusive à la forme cellulaire et se plaçait spécialement au point de vue chimique. En partant d'une telle notion de *produit*, on peut chercher à saisir la formation et à suivre l'évolution des fonctions et ce sera là l'œuvre de la *physiogénie*. On comprend alors que les appareils organiques ont dû naître les uns des autres ; par suite, « la question n'est pas uniquement de savoir ce que *sont* les phénomènes de la vie, mais comment ils sont *devenus* ce qu'ils sont (*) ».

(*) W. Preyer. *Éléments de physiol. générale,* trad. franç. par Jules Soury. Paris, 1884, p. 74. (Note de E. Gley.)

(Dohrn, Marshall). Andriezen estime que c'est là et une interprétation erronée du branchiomérisme céphalique et une tentative fâcheuse d'appliquer la « théorie vertébrale » de Goethe à la formation de la région antérieure de la tête (idées de Goethe et d'Oken développées par Owen). Une étude plus exacte a montré que tous les arcs branchiaux et toutes les fentes branchiales étaient postorales, qu'il n'existe point de structures analogues dans les régions orales et préorales, que le branchiomérisme n'est point parallèle et ne correspond pas au métamérisme (van Wijke, Ahlborn, Gegenbaur, Ray-Lankester, Rabl, Hatschek). D'après les recherches de Kupffer, le lobe épithélial de l'hypophyse ne serait pas d'origine exclusivement ectodermique ; la portion épithéliale de cet organe résulterait de l'union de deux formations, l'une ectodermique, l'autre entodermique; elle serait ainsi formée de la partie préorale de l'intestin (*praeorales Darm*). Dans le même temps, G. Valenti arrivait aux mêmes conclusions que Kupffer (1). Quant à la constitution du *lobe antérieur* de la pituitaire chez les vertébrés supérieurs, il est composé de « tubes glandulaires nombreux, groupés en forme de réseaux et à cloisons très minces; on y distingue deux espèces de cellules : les plus grandes se colorent par l'hématoxyline plus intensivement que les plus petites (Flesch). Entre les tubes glandulaires passent de nombreux et larges vaisseaux sanguins dont les parois sont d'une finesse remarquable. Un certain nombre de tubes glandulaires rampent sur la paroi antérieure de l'infundibulum en haut vers la base du cerveau » (Obersteiner).

L'origine et le mode d'évolution, ainsi que la nature de son activité chez les animaux inférieurs, semblent indiquer que la thyroïde doit être considérée anatomiquement comme associée à un système respiratoire primitif, et, physiologiquement, comme étant en rapport avec les échanges gazeux de la respiration du sang et des tissus. C'est ce qui apparaît par quelques-uns des troubles consécutifs à l'extirpation expérimentale ou à la destruction pathologique de cette glande. Ces troubles, Andriezen, qui a fait aussi une étude de la thyroïde, les attribue à une perturbation des échanges gazeux des tissus : l'abaissement de la température au-dessous de la normale, le ralentissement de toutes les fonctions, la dénutrition, l'affaiblissement général, surtout celui des muscles et du système nerveux central, l'œdème enfin (cachexie strumiprive, myxœdème, cachexie pachydermique) résulteraient de la perte de la thyroïde. Si donc l'on prend garde aux traits d'analogie, plus ou moins nets, que présentent les deux organes dans leur évolution lointaine chez les vertébrés, on inclinera peut-être à admettre, avec Andriezen, qu'un rapport physiologique doit exister entre les *glandes thyroïde* et *pituitaire*. S'il en était ainsi, on s'expliquerait l'hypertrophie, peut-être compensatrice, de la pituitaire après la thyroïdectomie (Stieda, Hofmeister, Gley, 1892-1893). « De l'ensemble

(1) V. Kupffer. *Die Deutung des Hirnhanges*. Sitzungsb. d. Ges. f. Morph. u. Phys. in München 1894. p. 59 München, 1895. — G. Valenti. *Sullo sviluppo dell' Ipofisi*. Anat. Anz., 1895. p. 538

des travaux réalisés dans ces quinze dernières années, témoigne E. GLEY (1897), sur la physiologie du corps thyroïde et dont les résultats généraux ont été rapprochés des notions cliniques acquises sur le crétinisme, l'imbécillité et l'idiotie, il s'est dégagé ce fait que le crétinisme et souvent l'idiotie sont liés au défaut de la fonction thyroïdienne. Et ainsi il semble que cette fonction soit en rapport non seulement avec le développement physique, mais aussi avec le développement *psychique.* »

Les animaux, d'après VASSALE (1), succombent constamment quelques jours après l'ablation *complète* des glandes parathyroïdes. Le plus souvent ils survivent à la parathyroïdectomie *partielle,* sans marquer qu'ils se ressentent de l'opération, ou ne présentent que des troubles transitoires plus ou moins légers. Chez le chien et chez le chat, l'abolition de la fonction *parathyroïdienne* (parathyroïdectomie complète) est suivie d'une *tétanie* mortelle (phénomène aigu) ; l'abolition de la fonction *thyroïdienne* (thyroïdectomie complète) produit des phénomènes de *cachexie strumiprive,* quelquefois un véritable *myxœdème* expérimental (phénomène chronique). Les expériences expliquent les résultats de l'extirpation du goître chez l'homme; la thyroïdectomie entraîne aussi chez l'homme soit la tétanie, soit la cachexie strumiprive, soit le myxœdème post-opératoire. On avait cru jusqu'ici que la *tétanie* et le *myxœdème* étaient, chez les individus opérés du goitre, des degrés différents d'un même processus morbide, relevant de l'abolition de la fonction d'une glande unique, de la glande thyroïde. On se trouve en face d'une fonction double : *fonction parathyroïdienne* et *fonction thyroïdienne.* Ainsi, il y aurait dans l'homme une tétanie mortelle quand, avec le corps thyroïde, les parathyroïdes auraient été en même temps extirpées. Si, au contraire, le chirurgien épargne une ou deux parathyroïdes, en d'autres termes, si, en pratiquant la thyroïdectomie, il ne pratique qu'une *parathyroïdectomie partielle,* il se produira une *tétanie* transitoire ou chronique (*insuffisance fonctionnelle parathyroïdienne*). Le myxœdème post-opératoire apparaîtra, au contraire, si, après l'extirpation du goitre, les parathyroïdes externes demeurent conservées. Dès 1893, CHANTEMESSE et MARIE ont montré, VASSALE le rappelle, que ces glandules peuvent être épargnées quand on extirpe la glande thyroïde. « De même que l'alimentation thyroïdienne fait disparaître les phénomènes de *cachexie strumiprive chronique* qui se montrent chez les animaux thyroïdectomisés, mais dont les parathyroïdes externes ont été laissées *in situ*; de même l'alimentation thyroïdienne forcée, à doses considérables et répétées (6 à 10 lobes de thyroïde fraîche de porc pour un chien de petite taille) combat merveilleusement les phénomènes de *tétanie* qui succèdent à l'extirpation des glandules parathyroïdes. Ce qui est parfaitement d'accord avec l'observation clinique : celle-ci a démontré, en effet, que la cure thyroïdienne produit chez l'homme des résultats surprenants, tant dans la *tétanie* consécutive à l'extirpation du goitre que dans le myxœdème post-opératoire » (2).

Ce qui explique les effets de l'ingestion de substance thyroïde chez les animaux para-

(1) GIULIO VASSALE. *Tetania da allatamento in una cagna parzialmente paratiroidectomizzata.* Riv. sper. di fren.. 1897, XXIII, 915 sq.

(2) Cf. VASSALE et GENERALI. *Sugli effetti dell' estirpazione delle ghiandole paratiroidee.* Riv. di patol. nerv. e ment., I, 1896. Et le travail de VASSALE pour la bibliographie complète du sujet.

thyroïdectomisés, c'est que dans les thyroïdes administrées comme on vient de le dire sont contenues des parathyroïdes (sans doute les parathyroïdes internes).

Les résultats expérimentaux de VASSALE et de GENERALI qui établirent l'importante fonction spécifique des parathyroïdes ont été confirmés par les recherches de GLEY, de BLUMENREICH et JACOBY, de ROUXEAU, de MOUSSU (1897).

VASSALE publie l'observation d'une chienne opérée d'extirpation partielle des *glandules parathyroïdes*, qui, dix-huit mois après l'opération, devint en proie à des accès de *tétanie* provoqués par l'allaitement : cette observation jette un jour très vif et sur la fonction parathyroïdienne proprement dite, et sur les rapports que l'analogie permet d'établir entre ces troubles nerveux, expérimentalement déterminés chez l'animal au cours de l'exécution d'une fonction de la *génération*, telle que l'allaitement, et les psychonévroses qui affectent quelquefois la femme pendant l'allaitement. A droite, la *parathyroïde* externe et interne avait été extirpée chez cette chienne ; à gauche, l'externe seulement. Après l'opération, cet animal avait présenté quelques symptômes légers de *tétanie* ; puis tout était redevenu normal en apparence. Six mois après, devenue gravide, elle met au monde deux petits non à terme ; eussent-ils vécu, elle n'aurait pu les allaiter : ses mamelles n'avaient point de lait ou pas assez. Une année se passa : cette chienne, qui avait continué à se bien porter, met bas 8 chiens, dont sept, bien vivants et robustes, sont allaités par elle avec une grande sollicitude. Mais, le cinquième jour de ce travail physiologique intense, la chienne est prise tout à coup d'une attaque de tétanie si violente que la vie de l'animal est en péril. Ces symptômes menaçants disparaissent par l'administration, en injection et par la gueule, de doses élevées de substance thyroïdienne. On lui enlève quatre chiens ; on lui en laisse trois à allaiter, et on lui fait prendre cinq grammes de thyroïde sèche par jour. Mais le travail de l'allaitement, ainsi réduit, est encore trop grand et la quantité de thyroïde administrée trop petite : nouvel accès de tétanie assez grave. Nouvelle cure thyroïdienne intensive ; deux chiens sont encore enlevés ; la chienne n'en allaite plus qu'un seul et prend chaque jour de fortes doses de thyroïde. Elle va bien durant quelques jours ; on suspend l'administration de cette substance un jour sur deux et on en diminue la quantité ; subitement, pour la troisième fois, la tétanie éclate ; elle ne cède encore qu'à des doses considérables de thyroïde. C'est par la continuation de ce régime qu'elle arrive, sans nouvel accident, à la fin de l'allaitement de son petit. Celui ci était beaucoup plus développé et plus pesant que ses frères élevés au lait de vache. On interrompt la cure thyroïdienne de la mère, qui continue, l'allaitement terminé, à se bien porter. VASSALE a fait la remarque qu'il eût été intéressant de constater si les poisons, circulant dans le sang de cette chienne, cause de la tétanie, auraient pu passer dans le lait et déterminer des réactions morbides chez les chiens qu'elle allaitait : « cette observation aurait été possible si les symptômes de tétanie n'avaient pas éclaté avec une acuité et une violence assez grandes pour mettre dans un péril imminent la vie de l'animal au cas où le traitement thyroïdien n'aurait pas été institué sans retard ».

Ainsi, la fonction des glandules parathyroïdes est absolument indispensable à l'organisme. Quoique, chez cette chienne partiellement parathyroïdectomisée, la parathyroïde interne restée en place pût jusqu'à un certain point compenser la perte de celles qu'on avait enlevées, et que l'organisme se fût adapté à cet état, il a suffi d'une cause physiologique retentissant plus ou moins profondément sur les échanges organiques, tel que l'allaitement, pour produire, dix-huit mois après la parathyroïdectomie, un épuisement profond et l'explosion d'accidents nerveux qui auraient sûrement entraîné la mort sans un traitement thyroïdien énergique. Depuis l'opération, et en dépit des apparences, « l'insuffisance fonctionnelle parathyroïdienne avait persisté à l'état latent ».

Or, voici le rapport que signale VASSALE entre cette tétanie provoquée chez cette chienne

par l'allaitement et « les psychoses de l'allaitement chez la femme » : « L'observation clinique nous enseigne chaque jour combien la personnalité psychique de la femme est étroitement liée aux conditions propres de son sexe. La statistique démontre que 14 pour 100 environ des cas de folie pour lesquels les femmes entrent dans les manicomes, a pour cause les différentes phases de la vie reproductive (grossesse, puerperium, allaitement). Ce dernier facteur étiologique occupe, par ordre de fréquence, la place intermédiaire entre la grossesse et l'accouchement ; chez 4 pour 100 des femmes admises dans les asiles d'aliénés, il s'agit de psychoses de la lactation. Ces troubles mentaux qui, sous diverses formes cliniques, éclatent, on le sait, du troisième au cinquième mois après l'accouchement, apparaissent, dans les traités de psychiâtrie, comme des exemples typiques de folies par épuisement. En général, dans celles-ci, comme dans toutes les psychoses dont la production est en rapport avec les phases physiologiques de l'organisme, la *prédisposition*, surtout *héréditaire,* joue un grand rôle. Le *substratum nerveux* de l'affection, qu'il résulte de l'hérédité ou d'une constitution névropathique, *existe déjà* : la *psycho-névrose se trouve, pour ainsi dire, à l'état latent* ; survienne la cause étiologique, ici l'épuisement dû à un allaitement trop intense et prolongé, et aussitôt les désordres mentaux font leur invasion. Dans le cas de la chienne, le substratum avait été expérimentalement réalisé ou acquis : consécutivement à l'ablation partielle des parathyroïdes (insuffisance fonctionnelle parathyroïdienne), l'organisme, quoiqu'ayant subi une adaptation, se trouvait dans un état d'équilibre instable : il y avait une *tétanie latente* ; une cause d'épuisement a suffi pour que le syndrome morbide caractéristique de la *tétanie* expérimentale par parathyroïdectomie apparût tout à coup avec violence. L'analogie existant entre l'observation clinique et l'expérimentation est donc parfaite. Dans un cas, ce sont des désordres psychiques, dans l'autre, les troubles nerveux de la tétanie qui éclatent. Mais, dans l'un et l'autre cas, le substratum organique préexistait et l'épuisement n'a été que la cause occasionnelle ».

Dans un cas de *myxœdème* congénital, chez une enfant de six ans, où, comme l'autopsie l'établit, la glande thyroïde faisait complètement défaut, ainsi que le thymus, W. Muratoff trouva un cerveau très volumineux et d'un poids élevé, dont la substance grise et la substance blanche étaient gravement altérées. Dans la plupart des cellules de l'écorce, outre la pycnomorphie, les éléments chromophiles étaient en chromatolyse ; ceux de ces éléments qui subsistaient par places apparaissaient, colorés au Nissl, très atrophiés et déformés ; les noyaux de ces cellules étaient tuméfiés et se coloraient d'une manière intense ; dans quelques-unes le noyau avait presque disparu. Les fibres nerveuses de l'écorce cérébrale présentaient, au Weigert et au Marchi, des altérations dégénératives fort nettes. Les fibres tangentielles étaient très faiblement colorées. Les *fibrae arcuatae,* ou *voies courtes d'association,* étaient les plus affectées parmi les fibres sous-corticales : elles étaient plus minces et se coloraient moins que d'ordinaire ; les *fibres de projection* étaient mieux développées et n'avaient point subi la dégénérescence graisseuse des premières. Le réseau névroglique était très dense, massif, hyperplasié. « Il est démontré par les recherches de Monakow comme par les miennes, écrit Muratow, que les cellules de l'écorce représentent les centres trophiques des *fibrae arcuatae*. Or, on

conçoit facilement qu'une lésion de ces éléments trophiques ayant eu lieu pendant la période embryonnaire a eu pour effet un arrêt de développement des voies d'association qui en dépendent »(1). En somme, deux faits résultent entre autres de ces constatations dans le myxœdème : 1° affection toxique des cellules de l'écorce ; 2° altération secondaire (arrêt de développement) du parenchyme cérébral, et en particulier des *fibrae arcuatae*.

Il suit encore de cette observation : 1° que les graves lésions anatomiques de l'écorce expliquent les phénomènes psychiques de déficit qui caractérisent le tableau clinique du myxœdème ; 2° que la nature de ces lésions s'accorde avec les données expérimentales de Horsley, qui, chez les animaux thyroïdectomisés, a constaté une diminution de l'excitabilité de l'écorce cérébrale. L'activité des glandes thyroïdes débuterait, selon Horsley, du sixième au huitième mois de la vie embryonnaire. C'est précisément la période de développement des centres supérieurs du système nerveux : la toxine agit sur ces centres avant l'achèvement de leur évolution ontogénique ; il en résulte donc, non pas seulement un trouble de l'activité fonctionnelle de ces centres, mais un arrêt de leur développement. L'altération de la nutrition des cellules nerveuses exerce naturellement une action de même ordre sur les axones qui en sortent. Dans ces conditions, ce sont les voies des centres d'association, celles dont la fonction est la plus élevée, qui doivent être les plus atteintes. Aussi Muratow a-t-il noté une « atrophie prédominante des *fibrae arcuatae* qui se développent à une époque relativement tardive et possèdent des *fonctions exclusivement psychiques*. » Les fibres des faisceaux de projection ont été trouvées plus légèrement affectées.

Tous ces faits d'anatomo-pathologie sont des caractères différentiels qui distinguent le myxœdème de l'*enfance* de celui de l'*adulte*. La sphère psychique a plus à souffrir chez l'enfant que chez l'adulte de cette affection, et, dans le premier le cas, les « altérations psychiques » ne relèvent pas de la thyroïdinthéraphie. L'observation clinique montre bien que même dans le myxœdème de l'enfance une certaine activité du système nerveux demeure possible ; mais on peut affirmer que quelques lésions de l'*intelligence* resteront permanentes. Le traitement spécial fait disparaître chez l'adulte la toxhémie chronique et ramène à l'état normal les fonctions psychiques. Chez l'enfant, le traitement peut bien amender l'état de toxhémie ; les fonctions du système nerveux central, et en particulier les fonctons psychiques, ne sauraient se développer que dans les limites

(1) W. Muratow. *Zur Pathologie des Myxödems.* Neurol. Centralbl., 1898, 930-934.

marquées à ce développement par un cerveau atteint de lésions de dégénérescence.

En résumé, tout tend à démontrer l'importance de l'action trophique des glandes pituitaire et thyroïde sur le système nerveux central des vertébrés. Si l'origine et la nature de la fonction de l'hypophyse sont bien telles que l'ont fait voir ANDRIEZEN, HORSLEY, GLEY, P. MARIE, MARINESCO, MOEBIUS, TAMBURINI, on doit pouvoir prédire les effets qui suivront l'extirpation ou la destruction de cette glande (1). Des résultats négatifs ne sauraient prévaloir sur des inductions positives tirées de l'étude comparée de la pituitaire dans la série des vertébrés, alors que tous les faits relatifs à l'origine et au mode d'évolution de la structure et de la fonction concordent. Quels effets devrait-on observer dans les cas d'extirpation de la pituitaire ? Puisque cette glande exerce une action trophique sur les éléments et les tissus nerveux (assimilation de l'oxygène du courant sanguin, destruction des produits de déchet résultant de l'activité fonctionnelle des tissus nerveux), l'ablation ou la destruction de cet organe entraînera soit une assimilation défectueuse de l'oxygène par ces tissus, soit une oxydation insuffisante, partant, une accumulation de produits toxiques, fatals à la vie de la cellule nerveuse. Un trouble rapide de la nutrition et la mort des éléments du système nerveux central en résulteront. Par conséquent, d'une manière générale, on devra constater chez l'animal opéré : 1° une dépression et une apathie plus ou moins profonde (la lésion primitive portant sur l'activité des centres nerveux) ; 2° un affaiblissement général de la musculature (premier effet périphérique) ; 3° un trouble des sensations de coordination et d'équilibration ; 4° des contractions irrégulières des muscles (spasmes) et des convulsions ; 5° de l'hypothermie ; 6° une destruction des tissus du corps (en relation avec la dénutrition rapide du système nerveux central) ; 7° de la polypnée compensatrice ou des attaques de dyspnée ; 8° une déchéance rapide de l'organisme ; la mort.

Relations de l'écorce cérébrale avec les ganglions cérébraux chez les mammifères. — Chez les Mammifères eux-mêmes l'écorce cérébrale présente de très grandes différences. Très petite encore, relativement au volume des ganglions du thalamus et du cerveau des tubercules quadrijumeaux chez les rongeurs et beaucoup d'autres mammifères inférieurs, ce n'est que chez les mammifères supérieurs que se développe de

(1) TAMBURINI. *Contributo alla patogenesi dell' acromegalia*. Rivista speriment. di fren., 1894, p. 559 sq. Cf. MARIO COLLINA. *Ricerche sull' origine e considerazioni sul significato della glandola pituitaria*. Ibid., 1898, XXIV, 553-576.

plus en plus cette puissante couche corticale du cerveau antérieur qui, par son étendue, par le grand nombre de ses connexions, par les radiations qu'elle reçoit des couches optiques et des autres ganglions sous-corticaux et sous-thalamiques et qu'elle y projette, aboutit au vaste déploiement des circonvolutions de la surface du cerveau de l'orang ou de l'homme.

L'observation paléontologique démontre que, à partir de l'époque crétacée, le cerveau des différents groupes de vertébrés s'est constamment accru, et que, dans un même groupe, le cerveau de la race qui était destinée à persister dans l'être et à se développer était plus grand que le cerveau moyen de ce groupe pour une même période. Inversement, le cerveau d'une race éteinte était plus petit (1).

Gustave Mann a étudié la situation relative des différentes aires fonctionnelles du cerveau de mammifères appartenant à différents ordres voisins, tels que rongeurs, insectivores et carnivores. Le résultat d'une pareille étude, l'*homoplastie* du cerveau, ne peut qu'éclairer, d'une part, l'*homologie des circonvolutions*, et, d'autre part, montrer le degré de développement relatif auquel sont parvenues les différentes fonctions télencéphaliques du cerveau de ces animaux. Les investigations ont porté sur le lapin, le hérisson et le chat (2). La disposition anatomique du cerveau du chien et celle du chat, par exemple, varie très notablement ; or, cette disposition structurale est l'expression du développement relatif des fonctions correspondantes chez ces deux carnivores. Ainsi, la circonvolution *latérale* atteint, chez le chien, son maximum de développement dans la région postérieure, tandis que, chez le chat, c'est la portion antérieure de ce gyrus qui est le plus développée (3). Or, cette aire corticale représente les centres d'innervation des yeux. L'aspect seul des cerveaux de ces deux carnivores permet donc de conclure que les fonctions de la *vision* doivent être beaucoup plus développées chez le chien que chez le chat, ce qui est l'évidence même. D'autre part, les *mouvements exécutés par les griffes* sont extrêmement développés chez notre chat domestique, dont les ancêtres devaient être arboricoles ; le développement considérable de l'aire fonctionnelle de la partie antérieure de la circonvolution *latérale* correspond précisément à ces dispositions. Ce n'est pas tout ; le sens de l'*audition* n'est pas moins développé chez le chat que celui de la vision chez le chien. Le *pallium* félin a donc dû subir, et a subi, en effet, le contre-coup structural de cette évolution progressive du sens de l'audition : la circonvolution *suprasylvienne*, centre des mouvements de l'*oreille*, est des plus développées chez le chat et le cerveau y atteint en ce point son maximum de largeur.

La configuration des sillons et des circonvolutions de l'écorce du cerveau de l'opossum

---

(1) Ch. Marsh. *Dinocerata. A monographie of a extinct order of gigantic mammals.* Washington, 1886.

(2) Gustav. Mann. *On the homoplasty of the brain of rodents, insectivores and carnivores.* The Journal of anat. and physiol., 1896, XXX, n. sér., X, 1-35.

(3) Mann adopte les dénominations suivantes des circonvolutions du cerveau des carnivores : *marginale, latérale, supra-sylvienne, sylvienne*. V. sir William Turner. *The convolutions of the brain : a study in comparative Anatomy*. Journ. of Anat. and Phys., XXV, 127. Cf. J. N. Langley, *The structure of the Dog's Brain*. Journ. of Phys., 1881, IV, 252.

a été trouvée par CUNNINGHAM très semblable à celle qu'a décrite MANN sur le cerveau du hérisson. Dans l'étude de physiologie expérimentale instituée ensuite par CUNNINGHAM sur l'opossum, il a déterminé, avec de forts courants, chez l'animal narcotisé, les centres corticaux des mouvements de l'extrémité antérieure, de la face, de la bouche, des oreilles, de la langue, des muscles pharyngiens ; les centres des mouvements des yeux et des extrémités postérieures n'ont pu être nettement localisés (1).

Pour l'avancement du problème de l'unité ou de la diversité locale de structure de l'écorce du cerveau, SCHLAPP a étudié sur des coupes frontales et horizontales, colorées au NISSL, les différentes couches stratifiées de cette écorce chez le chiroptère (*Pteropus*), le chat, le singe et l'homme. Tandis que les cellules nerveuses de l'écorce présentent chez le *pteropus* une structure assez uniforme et qu'on discerne très bien, chez ces petits mammifères, le type à cinq couches, chez les animaux supérieurs et chez l'homme la composition élémentaire du pallium diffère suivant les régions. Ainsi, les couches des grandes cellules pyramidales sont beaucoup plus directement en rapport avec les régions motrices chez ces derniers animaux. Outre cette diversité de distribution des différentes espèces de neurones dans l'écorce, le nombre des couches stratifiées varie : tel territoire cortical ne présente que la structure à quatre couches, tel autre le type à huit couches. Sur certains points, telle couche cellulaire se raréfie peu à peu, parfois même disparaît subitement. SCHLAPP a surtout insisté avec raison à ce sujet sur la stratification de l'écorce du territoire cortical de la vision, du territoire *calcarinien* (2).

I. Effets de l'ablation de l'écorce cérébrale chez les Batraciens. — L'écorce cérébrale, avec ses innombrables cellules nerveuses et faisceaux d'association, voilà donc le substratum des fonctions psychiques supérieures. Mais l'anatomie comparée, aussi bien que les expériences de STEINER, de GOLTZ, de SCHRADER, montrent que l'existence de cet organe n'est pas nécessaire pour l'exercice des fonctions psychiques considérées en général comme inférieures, comme instinctives, disait-on autrefois, et qui sont en partie indépendantes de la mémoire individuelle consciente. Si l'on enlève ou détruit l'écorce, ce qu'on supprime, c'est l'organe des fonctions psychiques supérieures qui s'appellent mémoire, association des idées, expérience acquise et réflexion.

Lorsque GOLTZ publia, en 1869, son travail sur les *Fonctions des centres nerveux de la grenouille* (3), il démontra, contrairement aux doctrines de FLOURENS, de LONGET et de SCHIFF, qu'après l'ablation du cerveau tout entier, une grenouille peut encore, non seulement voir, mais éviter avec adresse les obstacles placés sur son chemin. Quelques années auparavant, RENZI avait soutenu que, par l'ablation du cerveau, la grenouille ne perd que la vision mentale; elle conserve, grâce au

---

(1) R. C. CUNNINGHAM. *The cortical motor centres of the opossum, didelphys Virginiana.* Journ. of phys., XXII, 264.

(2) SCHLAPP. *Ueber die örtlichen Verschiedenheiten der Grosshirnrinde.* Berliner Gesellsch. f. Psych. u. Nervenkrankh., 14 mars 1898 (Neurol. Centralbl., 1898, 334).

(3) *Beitraege zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches.* Berlin, 1869.

mésencéphale, les sensations brutes de la vue : elle voit sans conscience ; elle sent ; elle ne perçoit plus ; elle est, comme le dira MUNK, frappée de cécité psychique ; ce qui ne l'empêche pas d'éviter les obstacles, de voir et de réagir par ses mouvements d'une façon appropriée. Or, l'opinion reçue était alors que les animaux dont les hémisphères cérébraux ont été enlevés sont ou complètement aveugles, ou incapables d'ajuster leurs mouvements à leurs impressions visuelles. Il fallait distinguer : ce qui est vrai ou paraît vrai pour les oiseaux et les mammifères, dont l'organe central de la vision est dans le cerveau antérieur, ne l'est point pour les amphibiens, pour les reptiles, qui voient avec leur mésencéphale, avec leurs lobes optiques. Un élève distingué de GOLTZ, MAX E. G. SCHRADER, a, dit-il, observé que, loin d'être incapable de se mouvoir « spontanément » et de s'alimenter, la grenouille dont les deux hémisphères cérébraux ont été totalement (?) enlevés peut encore d'elle-même changer de place et de milieu, suivant les saisons, comme les grenouilles normales, et se nourrir de mouches qu'elle attrape, quand les effets du traumatisme expérimental ont été dissipés. Les symptômes attribués jusqu'ici à la grenouille privée de ses hémisphères cérébraux ne s'observeraient que lorsque, avec le cerveau, les *thalami optici* ont été détruits. Bref, la perte des mouvements « volontaires », comme les appelait GOLTZ, et l'incapacité de se nourrir, dérivent directement des lésions du cerveau intermédiaire et du cerveau moyen de la grenouille : là sont situés, outre les centres des nerfs optiques, des éléments nerveux dont la destruction provoque des troubles graves et permanents de la motilité, des phénomènes d'arrêt et de déficit. SCHRADER a constaté que le *couak* réflexe n'a point son centre dans les lobes optiques (GOLTZ, STEINER), mais dans la moelle allongée de la grenouille ; que la lésion d'aucun point de la moelle allongée n'entraîne nécessairement la perte des mouvements coordonnés, et qu'il est facile, au moyen de sections du système nerveux central, de partager une grenouille en trois animaux indépendants, en trois tronçons : en segments de la tête, du membre antérieur et du membre postérieur. Cette démonstration de l'autonomie fonctionnelle de chaque segment de la moelle épinière permet de rapprocher ce centre nerveux d'animaux vertébrés du système nerveux central des invertébrés dont les ganglions sont reliés par de simples commissures. La forte centralisation du système nerveux des vertébrés supérieurs n'a pas encore apparu chez les batraciens (1).

---

(1) SCHRADER. *Zur Physiologie des Froschgehirns.* Arch. f. d. ges. Phys., XLI (1887). 75 sq. — *Ueber die Stellung des Grosshirns im Reflexmechanismus des centralen Nervensystems der Wirbelthiere.* Leipz., 1891, p. 10 sq.

Les progrès de cette centralisation ne sont pourtant pas tels, chez les Mammifères eux-mêmes, qu'il n'ait été possible au premier des expérimentateurs de notre temps, à FRÉDÉRIC GOLTZ, de réaliser, chez le chien, cette expérience de SCHRADER sur la grenouille, je veux dire la décentralisation du système nerveux central d'un animal en trois tronçons au moins. L'expérience du « chien à moelle épinière raccourcie » mérite de prendre place à côté de l'expérience célèbre du « chien sans cerveau », que nous suivrons dans le détail, et dont elle forme en quelque sorte le pendant.

II. **Effets de l'ablation de l'écorce cérébrale chez les Oiseaux.** — Chez les oiseaux, quoique MUNK nous paraisse avoir prouvé que chaque hémisphère est en rapport avec les deux rétines, comme chez les mammifères, on a soutenu dans l'École de Strasbourg qu'après l'ablation complète des hémisphères cérébraux, et partant des centres de la vision mentale, les oiseaux voient encore. MAX SCHRADER raconte comment les pigeons qui avaient subi cette opération, au sortir de l'état d'anéantissement, ressemblant à un sommeil profond, bien décrit par ROLANDO et par FLOURENS, allaient çà et là infatigablement dans le laboratoire, évitant tous les obstacles placés sur leur chemin, les cloches de verre transparentes aussi bien que les tables et les chaises. Placés sur le bord de la main, ces pigeons sans cerveau se balançaient, compensant exactement tous les changements d'équilibre par des mouvements correspondants; les fausses positions imprimées aux membres étaient aussitôt corrigées; seuls, les pigeons dont les *couches optiques* avaient été lésées en même temps que le cerveau laissaient paraître des troubles d'adaption. La vivacité des mouvements n'était point, chez ces oiseaux, l'effet d'une irritation due au traumatisme, car ils dormaient paisiblement la nuit. Posé sur la main, l'oiseau s'envolait quelquefois tout à coup vers un objet et s'y posait; il appréciait les distances, en jugeant parfaitement. Au contraire, il ne s'envolait presque jamais spontanément du sol. Or, on ne peut point dire que le pigeon opéré avait réappris à voir; car, aussitôt après l'opération, certains pigeons se comportent à cet égard comme d'autres après la deuxième semaine : ils évitent tous les obstacles et *voient encore* : « L'animal privé de son cerveau se meut dans *un monde de corps* dont la situation dans l'espace, la grandeur et la forme déterminent la nature de ses propres mouvements, *mais qui lui sont tout à fait indifférents.* » Le mâle roucoule sans observer une femelle qui se trouve à proximité; la femelle n'a souci des jeunes qui crient après leur nourriture. Pour le pigeon sans cerveau, le monde n'est qu'une masse remplissant vaguement l'espace. La crainte et la sympathie font également défaut.

Les réactions correspondent exactement aux excitations. Schrader n'a pas observé que ces pigeons mangeassent seuls, aptitude qui lui paraît liée, chez les oiseaux comme chez les mammifères, au cerveau frontal. Peut-être ces troubles étaient-ils dus à de simples phénomènes d'arrêt portant sur les fonctions du mésencéphale. Quoique l'élève de Goltz, devenu un observateur aussi sagace, ne laisse pas d'affirmer que le cerveau du pigeon n'est pas plus un centre de motilité qu'un centre sensoriel, si l'on entend par là que l'ablation de cet organe entraînerait la perte des mouvements et de l'activité des sens, c'est dans les différences que présentent à cet égard les pigeons opérés d'avec les pigeons normaux qu'il faut chercher à déceler les phénomènes de déficit plus ou moins masqués par les phénomènes d'arrêt.

Toutes les actions de ces oiseaux donnent absolument l'impression des mouvements d'un automate. En dépit de leur variété et de leur complexité, elles ont un cours régulier et sont déterminables à un très haut degré ; elles présentent bien le caractère des mouvements de réponse (Goltz) et semblent n'être que des actions réflexes. Quoique Recklinghausen ait constaté, au moins macroscopiquement, dans deux autopsies pratiquées sur les pigeons observés par Schrader, que l'écorce du cerveau avait été complètement enlevée, Munk a écrit que ce protocole d'autopsie ne saurait servir à la thèse de Schrader : « Il faut, dit Munk, ou que des restes de cerveau aient échappé à la vue de M. Schrader, ou que chez mes pigeons, tout à fait aveugles, il ait existé une lésion de cerveau dépassant les limites des hémisphères. Mais cette dernière supposition n'est pas admissible, non seulement parce que, à un examen attentif, j'ai trouvé complètement intactes toutes les parties du cerveau situées en dehors des hémisphères chez mes pigeons tout à fait aveugles, mais aussi parce que ces oiseaux ont vécu durant quatre à sept mois dans un état de santé parfait ; or, comme on l'observe souvent, les lésions des régions profondes du cerveau, dues soit à l'opération elle-même, soit au fait d'inflammations et de ramollissements précoces ou tardifs, entraînent toujours la mort des pigeons. » Reste donc l'autre hypothèse, que Munk admet comme très probable : la nature de la mort et la courte survie des pigeons de Schrader (aucun n'a survécu plus de six semaines) ont été la conséquence certaine d'un ramollissement des pédoncules et des couches optiques (1).

L'étude de la localisation des fonctions de l'écorce chez les Oiseaux a été reprise et continuée par Max Schrader dans un travail où, au lieu de

1. Munk. *Ueber die Functionen der Grosshirnrinde*. Berlin, 1890, 279-80.

pigeons, il a choisi pour sujets d'expérience des oiseaux de proie, des hiboux et des faucons (1). Après l'ablation de l'hémisphère cérébral droit, il vit un hibou boiter de la patte gauche, l'œil gauche paraissait *aveugle*, les réflexes pupillaires étaient d'ailleurs égaux et le vol ne semblait pas modifié. Trois semaines après l'opération, les troubles de la motilité s'étaient un peu amendés : la serre gauche rappelait par son attitude celle que présente la patte d'un chien opéré d'un hémisphère. Mais les troubles de la vue persistaient; la sensibilité générale était aussi altérée : on pouvait impunément caresser l'oiseau sur la moitié gauche du corps; à droite, tout contact lui faisait tourner la tête et l'excitait à mordre. Chez le faucon, l'ablation symétrique bilatérale du lobe frontal entraîna une paraplégie complète des deux jambes, les ailes et la queue continuant, dit SCHRADER, à fonctionner normalement. Les symptômes déterminés par ces lésions expérimentales présentent des ressemblances frappantes avec ce que l'on observe chez les chiens et chez les singes dans les mêmes circonstances : toutefois, chez les oiseaux de proie, ce sont surtout les extrémités postérieures qui sont affectées, chez les mammifères, les extrémités antérieures. Les pigeons ne présenteraient aucun trouble de l'usage des membres. Or, chez les oiseaux de proie, les altérations de la motilité ont précisément frappé les organes conformés « comme des mains », servant à prendre et à grimper.

III. **Effets de l'ablation de l'écorce cérébrale chez les chiens. Expériences de Goltz.** — Parmi les nombreux matériaux d'anatomie comparée qu'a rassemblés EDINGER, un certain nombre, ayant trait surtout à l'anatomie pathologique du cerveau, proviennent des chiens sur lesquels le physiologiste GOLTZ a, durant tant d'années, institué ses expériences d'ablations plus ou moins étendues des hémisphères. Parmi ces cerveaux se trouve celui du chien célèbre auquel l'éminent physiologiste de Strasbourg a réussi à enlever toute l'écorce du cerveau antérieur en plusieurs opérations successives, et qui a survécu plus de dix-huit mois. Je veux parler du *Chien sans cerveau*. Tous les documents, j'entends les pièces anatomiques, n'ont pas encore été publiés par EDINGER. La littérature que l'on possède sur ce sujet est cependant déjà assez complète pour qu'il soit permis d'en tirer quelques inductions scientifiques sur les fonctions de l'écorce (2). J'admets par provision que l'ablation de l'écorce du

---

(1) M. SCHRADER. *Zur vergleich. Physiologie des Grosshirns*. Aus d. phys. Institut des Univers. Strassburg, 1890.

(2) GOLTZ. *Der Hund ohne Grosshirn*. Pflüger's Arch., XLI. — L. EDINGER. *Ueber die Bedeutung der Hirnrinde im Anschlusse an den Bericht über die Untersuchung eines Hundes,*

cerveau a été complète chez ce chien, quoique nous sachions, par Goltz, par Schrader et par Edinger, que l'*uncus* du lobe temporal avait été conservé, des deux côtés, par l'opérateur, pour ne pas léser le nerf optique, ce qui réussit en effet du côté droit, mais non à gauche, de sorte que, de ce côté, le *corps genouillé externe* fut enlevé, que le *tubercule quadrijumeau antérieur* et la *couche optique*, dont tous les noyaux étaient atrophiés, dégénérèrent, et que le *nerf optique* fut naturellement trouvé atrophié. Sur un cerveau normal, ces lésions auraient déterminé simplement une hémianopsie; la vision serait restée normale dans la moitié gauche du champ visuel. Ce qui prouve que, chez ce chien, les centres optiques sous-corticaux fonctionnaient, c'est la persistance des réflexes pupillaires à la lumière. L'importance des dégénérescences secondaires qui ont affecté les centres nerveux sous-corticaux dans cette opération, dont la réussite a été jusqu'ici unique, frappera les moins prévenus. Mais, nous le répétons, l'étude des documents, qui sera fort longue, est encore inachevée. Pour le manteau, j'avoue avoir été frappé de la conservation du sens du goût chez ce chien décérébré, auquel Goltz accorde d'ailleurs libéralement, à son habitude, presque tous les modes de la sensibilité (trois sur cinq) : or, le sens du *goût* a été précisément localisé dans les deux portions du manteau épargnées par l'opérateur, l'*uncus* des deux lobes temporaux. On affirme sans doute que ces régions atrophiées, ramollies, privées de toute connexion nerveuse avec le reste du cerveau, étaient incapables de fonctionner. Il faudrait prouver, à ce propos, par l'examen microscopique, l'absence d'éléments nerveux non entièrement dégénérés dans ces centres fonctionnels, ainsi que l'a suggéré un critique, Th. Ziehen. Quoi qu'il en soit, voici sur cette grave opération, dont les résultats feront époque dans l'histoire des fonctions du cerveau, comment s'exprime Goltz lui-même : en réalité, l'ablation du cerveau tout entier avec le couteau a été exécutée avec succès sur trois chiens; le premier vécut encore cinquante et un jours, le second quatre-vingt-douze jours, le troisième, le chien célèbre dont nous parlons, survécut plus de dix-huit mois. Le 17 juin 1890, Goltz enleva tout l'hémisphère droit de ce chien; l'hémisphère gauche avait été enlevé dans deux opérations pratiquées le 27 juin et le 13 novembre 1889. L'ablation de chaque hémisphère eut lieu en quelque sorte en trois temps : 1° les lobes frontal et pariétal; 2° le lobe temporal; 3° le lobe occipital. « Du manteau tout

---

dem Prof. Goltz *das ganze Vorderhirn entfernt habe*. Aus d. Verdhandl. d. Congr. f. inn. Medicin, XII, 1893. — H. Munk. *Ueber den Hund ohne Grosshirn*. Verbandl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin, Iahrg. 1893-4, 20 April 1894.

entier, je ne laissai subsister que l'extrémité de la base du lobe temporal, l'*uncus*, pour ne pas léser les prolongements des nerfs optiques » (*l. l.* 571).

Goltz décrit ainsi l'état de ce chien sans cerveau, tel qu'il l'a observé dans les derniers jours qui précédèrent le sacrifice de l'animal (fin de décembre 1891). Lorsqu'on arrivait, le matin, devant la cage ouverte, il dormait paisiblement, comme on le reconnaissait à la régularité de sa respiration ; ses yeux étaient fermés, les membres et la tête reposaient immobiles. On le réveillait comme tout autre chien ; il fallait seulement de plus fortes excitations, par exemple un bruit intense et prolongé, tel que celui d'une corne de conducteur de tramway, en prenant la précaution d'empêcher le courant d'air d'atteindre les poils de l'animal et d'irriter ainsi ses nerfs cutanés. En s'éveillant, il agitait brusquement les oreilles, comme pour se délivrer de quelque chose de désagréable, secouait tout son corps et se dressait enfin. Si l'instrument continuait à se faire entendre, Goltz dit avoir vu ce chien agir avec l'une ou l'autre patte antérieure « comme s'il avait voulu se boucher les oreilles », geste bien observé chez les singes par Joh. v. Fischer (1). On le réveillait plus vite par des excitations tactiles : si l'on empoignait l'animal quelque part, soit par les membres, par le tronc ou par la tête, il s'éveillait en grondant ; si l'on tentait de tirer de sa cage l'animal éveillé, il entrait en fureur, résistait de toutes ses forces, aboyait très fort et mordait tout autour. Remis dans sa cage, il se calmait aussitôt. Il marchait sans repos, d'ordinaire en allant à droite ; tout à coup, il tournait à gauche sans raison connue, pour reprendre à droite ses mouvements de manège. Sur un terrain inégal, la marche était assez assurée ; sur un sol uni, le chien glissait facilement, mais il se relevait de lui-même sans aide. Ainsi que les autres chiens qu'on peut observer dans les rues, avant l'évacuation de ses fèces il faisait un certain nombre de mouvements circulaires rapides et vifs ; cette évacuation avait lieu exactement dans la même posture que chez un chien normal. Ce chien était d'ailleurs une chienne, et elle urinait tout à fait aussi dans la même attitude que les autres chiennes : celles-ci urinent, on le sait, en inclinant l'arrière-train, tandis que les chiens adultes ont coutume, en urinant, de se tenir sur trois jambes et d'en lever une de derrière. Les mouvements de locomotion étaient surtout vifs quand il y avait longtemps que ce chien n'avait pas été nourri : il se dressait alors sur les pieds de derrière et posait ses pattes antérieures sur le bord de la barrière, haute de 74 centimètres, environnant la cage. Si l'on tiraillait ou pinçait en quelque point que ce fût le tégument cutané de ce chien, il manifestait « son mécontentement » par des expressions variées de la voix, c'est-à-dire par des grondements, des jappements, des aboiements furieux, selon le degré d'intensité des excitations, en même temps qu'il cherchait, par des mouvements appropriés des membres, de la tête et du tronc, à se délivrer de la main qui le tenait : s'il n'y réussissait pas, il mordait en tournant sa colonne vertébrale du côté de l'agression ; il atteignait rarement la main qui le tenait ; il ne faisait que l'effleurer de ses crocs et mordait à vide. « Il avait évidemment perdu la faculté de trouver d'une manière consciente le point de molestation. »

A ce sujet, Goltz rappelle qu'après une très petite lésion de la zone excitable, on peut d'ordinaire mettre le membre correspondant dans une position anormale, sans que l'animal oppose aucune résistance et ne replace son membre dans l'attitude normale : il a perdu, avait dit Hitzig, la « conscience musculaire » de l'extrémité dont les centres

(1) *Der Zool. Garten*, XXIV, 234.

corticaux ont été détruits. Il en va tout autrement ici : ce chien sans écorce posséderait-il donc encore une conscience musculaire ? Il n'a pourtant pas perdu seulement les « centres » que Hitzig a pu déterminer au moyen de l'excitation galvanique : il n'en possède plus aucun. Le chien décérébré de Goltz n'a jamais marché non plus sur le dos, mais sur la plante des pieds. Quant à la conservation de l'équilibre, voici le résultat des expériences de l'abattant de la table. Placé sur une table, de manière qu'une patte repose sur l'abattant, si l'on abaisse celui-ci, le pied l'accompagne quelque temps, mais le chien ne perd pas l'équilibre : il relève aussitôt la patte. Dans la même situation, un chien auquel on avait enlevé quelques jours auparavant la « zone motrice », suivit l'abattant sans pouvoir se redresser et fut précipité. « Notre expérience enseigne, dit Goltz, qu'un chien qui a perdu son cerveau tout entier, depuis plus d'un an, peut conserver beaucoup mieux l'équilibre qu'un animal qui n'a perdu, quelques jours auparavant, qu'une portion de son cerveau (575). » Naturellement, le chien décérébré ne peut faire, pour conserver l'équilibre, ce que fait un chien normal : celui-ci relève la patte beaucoup plus vite quand on abaisse l'abattant et laisse paraître son étonnement en tournant la tête ; ces manifestations d'intelligence ont fait ici complètement défaut. Jusqu'à quel point, chez un pareil animal, une adaptation nouvelle et délicate de nouveaux ajustements musculaires est-elle possible ? Une blessure que ce chien s'était faite à une jambe postérieure l'empêchait de se servir de ce membre ; jusqu'à la guérison, qui demanda un certain nombre de jours, il tint ce membre « volontairement » élevé et boita des trois jambes saines. Voilà pour les sensibilités *tactile* et *musculaire*.

Quant au sens de la *température*, Goltz a vu ce chien retirer vivement les pattes d'une écuelle remplie d'eau froide. Ajoutons que si ce chien réagissait d'une manière appropriée aux excitations tactiles, « le sens du toucher était pourtant fort émoussé ». Si, au moyen d'un tube capillaire, on envoyait un courant d'air entre les poils du dos du pied, il ne réagissait pas comme un chien normal, qui dans ce cas lève la patte et témoigne par un mouvement de la tête qu'il a senti le souffle. De même, si l'on dirigeait celui-ci sur le nez. D'autres parties se montraient plus sensibles : un courant d'air dirigé à l'intérieur de la conque de l'oreille ou sur la conjonctive provoquait un mouvement violent des oreilles et de la tête ; si l'on soufflait dans les yeux, il fermait aussitôt énergiquement les paupières et détournait la tête. Les mouvements réflexes observés et décrits par Goltz chez un grand nombre de chiens à cerveaux mutilés existaient tous ici : le contact des poils du milieu du dos fait que le chien se secoue comme s'il sortait de l'eau ; protrusion rythmique de la langue et mouvements de mordre si l'on gratte la racine de la queue, etc. Les chiens normaux aiment beaucoup, on le sait, à être caressés de la main ; ceux mêmes qui ont subi des pertes considérables des deux hémisphères expriment encore leur joie en remuant la queue. « A notre chien sans cerveau toute expression de *joie* faisait défaut. » Ainsi, les plus douces caresses pratiquées sur sa peau le laissaient indifférent. Il ne réagissait pas davantage à l'appel amical qui lui était adressé ; il restait sourd aux mots caressants comme à tous les sons : on a dit comment il réagissait aux bruits intenses et prolongés. Selon Goltz, ce chien n'était pourtant pas *sourd*. Quant à la perception des impressions lumineuses, les pupilles des deux yeux se contractaient vivement à la lumière, et si, dans l'obscurité, on tournait vers ce chien la lumière éclatante d'une lanterne sourde, il fermait les yeux. Il est impossible de savoir, il est vrai, si une impression de la vue aurait eu quelque effet sur la nature ou la direction des mouvements de son corps. Goltz n'a pu se convaincre qu'une impression de ce genre lui eût fait éviter les obstacles placés sur son chemin. Le regard fixe, dément, de ses yeux clairs et brillants, ne changea point jusqu'à la mort, pas même lorsqu'on faisait des gestes de menace ou qu'on projetait sur ses rétines les images d'autres

animaux (chats, lapins). Ce chien, suivant GOLTZ, n'était pourtant pas ***aveugle,*** « car on ne peut appeler aveugle un chien qui ferme les yeux à une lumière éclatante ». Quant à la perception des ***odeurs,*** GOLTZ ne peut rien affirmer : la fumée de tabac projetée dans le nez le faisait éternuer, et pouvait même le réveiller. La respiration des vapeurs d'ammoniaque provoquait des mouvements de défense de la tête. Tous les mouvements consécutifs à l'excitation de la muqueuse des voies respiratoires paraissent ici sagement à GOLTZ avoir été causés par l'irritation des nerfs sensitifs sans participation des nerfs olfactifs. Mais, si la question de savoir si le chien sans cerveau avait ou n'avait point de sensations olfactives demeure irrésolue, il ne fait point doute, pour GOLTZ, qu'il éprouvât des sensations de ***goût.*** A ce propos, il rapporte sur la manière dont ce chien a pu être nourri quelques faits du plus haut intérêt physiologique. S'il y avait longtemps qu'il n'avait pas été alimenté, il allait çà et là sans repos dans la cage, en tirant rythmiquement la langue ; souvent des mouvements de mastication à vide s'associaient à ces mouvements de la langue. Tiré de la cage et placé sur une table, une terrine de lait devant la gueule, il commençait aussitôt à boire le lait avec les mêmes mouvements de la langue qu'un chien normal (du moins un mois après l'opération, on va le voir). Si, comme c'était l'habitude, de gros morceaux de viande de cheval étaient mélangés au lait et que le chien, en lappant le lait, mît dans sa gueule un morceau de viande, il le mâchait exactement comme un chien ordinaire. La déglutition était aussi normale que la mastication, qu'il mangeât de la viande, du pain, ou broyât des os, et quoique l'ablation de presque toute sa calotte crânienne lui eût fait perdre la plus grande partie de ses muscles temporaux. A le voir boire et manger, il paraissait avoir de l'appétit et dévorer avec satisfaction. Mais plus l'estomac se remplissait, plus les mouvements de mastication se ralentissaient. Enfin, lorsqu'il avait pris environ 500 grammes de viande et 250 grammes de lait, il refusait d'en avaler davantage. Replacé dans sa cage, il tournait encore quelque temps en cercle, se couchait, se mettait en rond et s'endormait profondément.

Rêvait-il? GOLTZ avoue se l'être demandé. Beaucoup de chiens, il l'a très souvent observé, font des rêves fort intenses. Si, plongé dans un sommeil calme et profond, un chien remue légèrement la queue, il fait évidemment un rêve agréable. Fait-il entendre un faible grondement, il rêve peut-être qu'il se bat dans la rue. Or, chez le chien sans cerveau, on n'a jamais rien noté qu'il soit possible d'interpréter ainsi ; il ne donnait pendant la veille, on l'a dit, aucun signe de ***joie*** habituel en agitant la queue ; ***il n'aboyait et ne grondait que lorsqu'il était directement excité.*** Chez un enfant dont les parties de la base du cerveau existaient seules jusqu'à la paire inférieure des tubercules quadrijumeaux inclusivement, et qui ne vécut qu'un jour et demi, FLECHSIG a observé, non seulement que l'enfant gémissait et donnait des signes de mal-être, mais que les plaintes et les mouvements des extrémités qui les accompagnaient devenaient plus vifs lorsqu'on pinçait la peau. FLECHSIG estime que ce que GOLTZ a constaté à cet égard sur le chien sans cerveau vaut aussi en partie pour l'homme.

Ainsi ce chien sans cerveau acquit de nouveau la faculté de manger et de boire de lui-même (579). GOLTZ revient à la question de savoir s'il éprouvait des ***sensations gustatives.*** De deux portions de viande de cheval dont l'une avait trempé dans le lait, l'autre dans une solution de quinine, l'une était acceptée, mastiquée et déglutie, l'autre prise, mais bientôt rejetée. Il en fut toujours ainsi. SCHIFF avait d'ailleurs institué des expériences semblables et avec le même résultat chez un chien nouveau-né, auquel le cerveau avait été enlevé. GOLTZ, un des plus fins observateurs du chien, et dont les observations sont souvent relevées d'un trait d'humour, remarque ici qu'un chien sans cerveau peut être plus difficile, quant au choix de la nourriture, qu'un chien normal. Ayant

jeté à son propre chien un morceau de viande trempé dans une solution de quinine, Goltz vit l'animal le prendre dans sa gueule, faire une grimace d'étonnement, mais l'avaler. Peut-être, dit-il, tint-il pour inconvenant de paraître ingrat envers son bienfaiteur et de cracher ce don gracieux : il surmonta son dégoût et avala la viande. Par cet acte d'empire sur soi-même il prouva bien qu'il possédait un cerveau intact.

Mais si le chien sans cerveau mangeait fort bien ce qu'on lui avait mis dans la gueule, *il était incapable de rechercher de lui-même sa nourriture;* il ne la trouvait pas, même lorsqu'il aurait pu la prendre tout à fait à proximité. Comme les chiens qui ont perdu des portions étendues et profondes des deux lobes pariétaux, ce chien ne put jamais se servir de ses deux pattes antérieures comme de mains pour tenir un os, etc. Il était naturellement impossible d'entrer avec lui dans aucun rapport personnel, parce qu'on ne pouvait se faire entendre par aucun organe des sens. Il n'avait cure des bêtes ni des gens ; un chien pouvait le toucher sans qu'il s'en aperçût. *L'instinct sexuel* paraissait faire complètement défaut, ainsi que les autres signes du rut chez cette chienne.

Voilà quel était l'état général des fonctions de ce chien sans cerveau dans les jours qui précédèrent sa mort violente (31 décembre 1891), car il aurait pu vivre longtemps encore. Goltz communique ensuite quelques observations qui vont du jour de la dernière opération (17 juin 1890) à cette dernière date. Elles portent sur les mouvements de locomotion de l'animal et sur les progrès qu'il accomplit dans l'acte de la préhension de la nourriture.

Durant des mois entiers, ce chien dut être nourri au moyen d'artifices fort ingénieux ; il opposa d'abord la plus entière résistance à l'alimentation artificielle, rejetant violemment la tête en arrière et pressant fortement les mâchoires l'une contre l'autre. Un aide tenait la tête immobile, tandis qu'un second aide ouvrait de force les mâchoires, et que Goltz lui-même introduisait les morceaux de viande au fond du pharynx. Alors le chien déglutissait. Puis on recommençait la même opération. Si la viande n'était pas poussée au fond du pharynx, mais placée sur la partie antérieure de la langue, elle n'était ni mâchée, ni déglutie. Le lait versé en petites portions dans le pharynx, s'il était en partie avalé, tombait aussi en partie dans la gorge et provoquait de violents accès de toux, d'où possibilité d'une pleuropneumonie mortelle, comme il était arrivé au chien décérébré conservé par Goltz cinquante et un jours en vie. Pour parer à ce danger, Goltz trouva mieux que la sonde œsophagienne : on remplit chaque jour de lait frais de petites andouilles de boyaux de mouton liées par des bandelettes de même matière ; elles glissaient très facilement, au moyen des mouvements naturels de déglutition, dans l'estomac du chien où, après digestion des parois, le lait sortait librement. Mais dès le 8 juillet, c'est-à-dire vingt-trois jours après l'ablation totale du cerveau, on n'eut plus besoin de recourir à cet artifice et à quelques autres encore ; le 9 juillet, le chien commença à lapper quelques gouttes de lait et celui-ci tomba dans l'estomac sans passer de travers ; à la fin du mois, il buvait de lui-même son lait, si toutefois on tenait sa tête de façon que le museau fût à proximité immédiate du lait (589). Les progrès furent plus longs pour la préhension de la nourriture solide ; le chien dut être nourri de longs mois comme il a été dit : on ouvrait la gueule de l'animal et on y introduisait de la viande. Plus tard, on lui faisait toucher avec son museau des morceaux de viande épars sur un plat ; il en prenait et en avalait des morceaux. Si, pour dévorer sa viande, il lui fallait d'abord la toucher avec son museau, c'est qu'il ne pouvait avoir aucune notion de la présence de cette viande ni par l'*odorat,* ni par la *vue* ; le premier de ces sens lui « manquait complètement » ; le second, sans être tout à fait éteint, ne se décelait que par l'espèce d'éblouissement que produisait une lumière éclatante (ce qui fut constaté seulement le 15 novembre 1890). Le 22 juillet on avait constaté l'effet obtenu par le son d'une corne de tramway sur son réveil. La variété des manifestations

tonales de sa *voix* fut notée dès le 24 juin, lorsqu'on nettoya ses plaies ; il grondait et aboyait, non seulement lorsqu'on l'attachait, mais lorsque, dans ses pérégrinations, il heurtait un peu rudement contre quelque objet ; vers la fin de sa vie on l'entendit même aboyer spontanément d'impatience parce qu'il avait faim, mais les aboiements des autres chiens ne le faisaient jamais aboyer. L'urine de ce chien n'a jamais contenu de sucre ni d'albumine. La couleur et la consistance des excréments étaient normales. La tendance à l'amaigrissement fut combattue par la suralimentation. Pour maintenir le poids du corps de ce petit animal, qui ne pesait que cinq kilogrammes, on lui donnait chaque jour 1.000 grammes de viande et 500 grammes de lait. Une partie de cette quantité si considérable de nourriture devait sûrement être rejetée avec les fèces sans avoir été digérée. D'ailleurs aucun trouble notable de la digestion, en dépit de cette surcharge des organes digestifs. Comme le poids du corps n'a pas augmenté, il faut que la *dépense de force* ait été extraordinaire. Les *mouvements* du corps étaient beaucoup plus continus que chez les chiens normaux, qui ne changent de place que pour quelque fin : ce chien tournait sans cesse dans sa cage. Le *repos* et le *sommeil* étaient chez lui de bien plus courte durée que chez les chiens intacts. Il devait perdre aussi beaucoup plus de chaleur par le *rayonnement,* la peau des chiens décérébrés étant, selon Goltz, d'ordinaire très chaude. Contre les fortes variations de la température, ces chiens réagissent par les mêmes fonctions de régulation que les animaux normaux. Dans un lieu surchauffé, leur respiration s'accélère et ils laissent pendre leur langue. Dans un endroit trop froid, ils sont agités de violents frissons. En somme, ils résistent beaucoup moins bien que les chiens normaux aux conditions défavorables de la température et, dans un espace froid, la température de leur sang tombe très vite au-dessous de la normale.

L'autopsie de cette chienne sans cerveau fut faite par Schrader. Nous ne voulons retenir du protocole d'autopsie de Schrader (car nous reviendrons sur ce sujet avec Edinger et Munk) que ces simples constatations : des deux côtés, mais surtout à gauche, il existait « des restes du lobe olfactif, consistant en masses brunes très ramollies ». La face supérieure de la moelle allongée, le cervelet, le quatrième ventricule étaient normaux. Outre l'ablation de toute la substance du manteau cérébral, à l'exception de l'extrémité inférieure du lobe temporal (*uncus*), atrophiée et ramollie, et sans connexion nerveuse avec le reste du cerveau, ce qui restait des corps striés et des couches optiques était en état de ramollissement et ce processus comprenait également la paire gauche des tubercules quadrijumeaux. Par conséquent, et c'est Goltz lui-même qui va dégager dans ce qui suit les résultats de son étude directement applicables à nos idées sur les fonctions de l'écorce du cerveau, les phénomènes biologiques présentés par le chien sans cerveau étaient ceux d'un animal qui avait perdu, non seulement toute l'écorce du cerveau antérieur, mais une grande partie des ganglions de la base et une partie moindre des tubercules quadrijumeaux. Les phénomènes de déficit observés chez ce chien ne doivent donc pas être attribués exclusivement à l'ablation de l'écorce cérébrale. C'est là une remarque très juste et fort importante de Goltz lui-même, et l'on ne peut se défendre d'admettre, avec ce savant physiologiste, qu'un chien qui n'aurait perdu que l'écorce posséderait sans doute un plus grand nombre encore de fonctions que celui-ci.

Fonctions de la vie de relation du chien décérébré de Goltz. — L'intérêt considérable qui ressort pour l'histoire de la physiologie du cerveau de l'observation, continuée durant tant de mois, d'un mammifère aussi élevé que le chien, auquel tout l'organe de l'intelligence avait été enlevé avec

le couteau, dissipera sans doute « les légendes qui se trouvent dans tous les manuels sur l'état des mammifères décérébrés ». Il est certain que les traits du tableau avaient surtout été empruntés jusqu'ici soit à de tout jeunes mammifères, soit à des vertébrés inférieurs et à des oiseaux. On citait le fameux pigeon décérébré de FLOURENS qui, sur un tas de grains, serait mort de faim si on ne l'avait nourri. On en concluait, *a fortiori,* qu'un mammifère sans cerveau devait être incapable de boire et de manger. Sans doute, ces mammifères ne déploient pas les fonctions que STEINER et SCHRADER ont observées chez des poissons et chez des grenouilles sans cerveau, qui font encore la chasse aux vers et aux mouches. Mais, outre qu'on rencontrera peut-être un chien qui montrera plus d'aptitude que le chien de GOLTZ à « prendre de lui-même de la nourriture », comme s'exprime GOLTZ, il est certain que la destruction partielle des couches optiques avait privé ce chien d'un organe dont l'importance paraît capitale, d'après les travaux de SCHRADER : « un chien dont le cerveau intermédiaire serait complètement conservé et dont les nerfs optiques seraient restés indemnes jusqu'à leurs origines, dit GOLTZ, montrera sûrement un plus grand nombre de phénomènes que notre chien, malgré la perte de la substance du manteau et des corps striés (597, 606-7). » Toutefois GOLTZ ne croit pas que ce chien puisse jamais « aller à la chasse et prendre du gibier » comme les grenouilles de SCHRADER. Mais il est bien d'autres choses que le chien de GOLTZ aurait été incapable de faire, et il m'est impossible d'apercevoir en quoi il différait si fort, quant à l'alimentation volontaire, du pigeon de FLOURENS. « L'idée reçue jusqu'ici, écrit GOLTZ, que des mammifères sans cerveau ne peuvent que déglutir ce qu'on leur a enfoncé profondément dans la gueule, doit être rayée d'un trait de plume. Les chiens sans cerveau prennent volontiers (*freiwillig*) de la nourriture du monde extérieur et la mangent. » Cette proposition dépasse de beaucoup l'induction légitime qu'on peut inférer des faits observés par GOLTZ lui-même. Pas une seule fois le chien décérébré n'a pris « de lui-même », « spontanément », « volontairement » de la nourriture. Sans reparler de l'alimentation artificielle grâce à laquelle on put maintenir cet animal en vie, et sans laquelle il serait mort de faim, comme il ne pouvait ni voir ni sentir sa nourriture, même « placée à proximité de son corps », il n'aurait pas plus survécu que le pigeon décérébré de FLOURENS au milieu d'un amas de morceaux de viandes, si ces morceaux n'avaient été enfoncés dans sa gueule ou mis en contact immédiat avec son museau. C'est d'ailleurs ce qu'a reconnu GOLTZ, quelques lignes plus haut : « Notre chien, laissé en liberté en ce monde, serait aussi mort de faim (comme le pigeon de FLOURENS), parce qu'il était incapable, dans sa démence profonde, de *chercher* et de *trouver* de la nourriture (597). »

Il est pourtant constant que la série des actes relatifs à la *préhension* et à la *déglutition* de la nourriture a varié dans un sens très nettement accusé chez la chienne décérébrée de Goltz. Des modifications organiques doivent avoir correspondu à ces changements dans l'exercice d'une fonction physiologique. La tendance si nette et si prolongée que présentent les chiens sans cerveau à avaler de travers doit être rapportée à un trouble secondaire, à un phénomène d'arrêt, selon Goltz, de la moelle allongée. Quant au retour des fonctions « volontaires » du boire et du manger, on pourrait dire qu'elles ne sont pas revenues, mais qu'elles ont été en quelque sorte réapprises par l'exercice, si bien que, d'un simple réflexe, se serait progressivement développée une action proprement dite. Cela est possible, sans doute, Goltz le concède ; mais prenons garde qu'on emploierait ainsi les mots « exercice » et « apprendre » dans un autre sens que d'ordinaire. On ne prononce ces mots, d'habitude, qu'au sujet d'êtres qui tendent à acquérir quelque pratique d'une chose avec la conscience du but qu'ils poursuivent. Or, il est absolument certain que les chiens décérébrés n'ont jamais donné la moindre preuve d'une action de ce genre, c'est-à-dire accompagnée de la conscience d'une fin à réaliser. La seule explication qui semble vraisemblable à Goltz, c'est que, dans les parties de l'encéphale situées derrière le cerveau, peut très bien se développer, par le fait de la répétition d'un certain acte, une disposition préexistante. Avant la mutilation du cerveau, ces parties agissaient de concert avec le cerveau, et jouaient peut-être même un rôle subordonné dans cette activité. Après l'ablation des hémisphères, ces parties, devenues indépendantes, se renforcent, de même qu'un organe périphérique devient plus actif après la perte de l'autre. Il ne s'agit donc pas d'une production nouvelle de centres nerveux, fait sans aucune analogie connue, dit très bien Goltz : il s'agit plutôt du « *retour*, d'un *développement* de fonctions centrales que possédaient déjà, avant l'opération, les parties situées en arrière du cerveau antérieur. » Comme les phénomènes d'arrêt persistent souvent fort longtemps, il est très difficile d'établir l'étendue réelle des phénomènes de déficit. Un autre observateur pourra voir s'amender plus tôt ces phénomènes d'arrêt, qui ont duré si longtemps chez le chien décérébré de Goltz. Aussi bien ce chien n'avait point perdu que l'écorce cérébrale ; c'est un point qu'on ne doit pas oublier. On ne peut dire quels phénomènes présenterait un animal dont les cerveaux intermédiaire et moyen n'auraient pas subi en partie le sort du cerveau antérieur du chien de Goltz.

Les chiens sans cerveau, a-t-on dit, sont muets. D'abord Schrader a prouvé que cela n'est vrai ni des pigeons ni des grenouilles décérébrés.

Les mammifères inférieurs (rats, cobayes), auxquels on a enlevé le cerveau, poussent encore des cris, appelés réflexes, dès qu'on les excite d'une manière intense. Mais on n'avait aucune idée qu'un chien sans cerveau fût capable d'exprimer par la voix des états aussi variés du sentiment. A la vérité, les déments crient, et aussi les tout jeunes enfants nouveau-nés qui possèdent « aussi peu de raison qu'un chien sans cerveau » : l'enfant nouveau-né crie lorsqu'il a faim, il crie si quelque chose le gêne ou l'indispose ; s'il est rassasié et commodément couché, il reste calme et dort. Le chien sans cerveau ne devient, lui aussi, agité, que s'il a faim; il gémit, hurle, gronde, si quelque chose le blesse ; il demeure en repos et dort s'il a été bien nourri et que rien ne le fasse souffrir. « Qui refuse d'accorder des sensations à ce chien sans cerveau doit porter un jugement semblable sur la vie psychique de l'enfant à la mamelle. » Que pouvons-nous dire, en effet, de l'existence des sensations chez un autre être que nous-même ? « Si, en dehors de nous, un autre être éprouve des sensations semblables aux nôtres, nous ne pouvons le *savoir*, nous ne pouvons que le conclure avec plus ou moins de sûreté des phénomènes de mouvement que nous percevons chez les autres êtres. » Parmi ces phénomènes moteurs, ce sont surtout ceux qu'exprime la voix, en particulier sous la forme du langage, qui nous frappent. Que d'autres hommes sentent comme nous sentons, nous le croyons ; car ils nous le disent. Un homme, il est vrai, peut feindre des sensations qu'il n'éprouve pas ; le langage inarticulé des animaux est, écrit GOLTZ, une expression beaucoup plus véridique de leurs sentiments. Si je marche sur la patte d'un chien, je lui fais mal ; je n'en puis douter : il glapit ou hurle. Pourquoi ne devrais-je pas considérer les réactions tout à fait semblables d'un chien sans cerveau comme l'expression de sensations et de sentiments correspondants ? Ce n'est pas, nous l'avons dit, parce qu'il est profondément dément. Serait-ce parce qu'il n'est qu'une machine réflexe dépourvue de toute sensation ?

Sans doute, GOLTZ le reconnaît, tous les faits tendent à faire considérer un chien sans cerveau comme « une machine réflexe compliquée » (610). Mais on n'aurait rien gagné, selon lui, en s'exprimant de la sorte. Et d'abord, on doit tenir pour accordé qu'il est *impossible* d'établir une distinction tranchée, voire une distinction quelconque, du côté objectif des phénomènes, entre les purs mouvements réflexes et les mouvements volontaires conscients. Dans la plupart des cas, tout indice fait défaut pour reconnaître avec certitude si tel mouvement d'un organisme vivant est accompli avec ou sans conscience. D'autre part, l'idée que les animaux sans cerveau n'éprouvent plus de sensations est surtout fondée sur la croyance qu'ils n'accomplissent plus des mouvements spontanés. Si c'est là une erreur, SCHRADER croit l'avoir montré,

pour d'autres animaux, tels que les batraciens et les oiseaux, c'en serait certainement une aussi pour les chiens décérébrés, qui laissent paraître au contraire une si forte tendance à exécuter de tels mouvements qu'il faut rapporter à cette cause l'amaigrissement et la perte des forces de ces animaux. GOLTZ estime que le chien décérébré qui devient agité quand le repas se fait attendre, qui veut mordre la main qui le saisit, etc., n'est pas une pure machine réflexe, un automate insensible, encore qu'il ait renoncé d'avance à convertir ceux qu'il ne saurait amener à son sentiment.

GOLTZ agit en cela fort sagement. Aucun des mouvements de réaction ou d'expression qu'il a décrits n'implique, je ne dis pas seulement l'existence d'une volonté consciente, c'est-à-dire d'une vie de représentations mentales, mais celle même de perceptions conscientes de sensations générales ou spéciales. Ainsi que TH. ZIEHEN en a fait la remarque, la conservation même des mouvements d'expression, par exemple l'expression variée de la voix d'un chien décérébré dans les états différents de la sensibilité organique, sensitive ou sensorielle, n'implique pas l'existence de sentiments correspondants à ces sensations. On connaît chez l'homme nombre d'états pathologiques où les mouvements d'expression les plus variés et les plus intenses ont lieu involontairement (maladies des tics) et sans le moindre accompagnement de ton affectif ou émotif. Les réflexes les plus complexes, s'ils ont atteint ce degré d'organisation qui constitue l'acte automatique, manquent certainement de processus psychiques parallèles. Quant à ces mouvements incessants de locomotion, que GOLTZ appelle « spontanés », quand il ne les appelle pas « volontaires », et qu'on observe souvent dans les déments comme chez les chiens décérébrés, véritables déments, eux aussi, on peut les attribuer à l'action lente et continue, de nature irritative, des processus de dégénération.

Cette interprétation des faits n'enlève rien au mérite de les avoir provoqués et observés. Outre que nous savons maintenant que des mammifères sans cerveau peuvent encore exécuter des actions aussi complexes et délicates que la plupart des mouvements de la vie de relation, tels que la marche, la station, la préhension et la mastication de la nourriture, la déglutition des liquides, etc., et que des excitations tactiles et musculaires provoquent des réactions motrices appropriées au but, adaptées à certaines fins, ajustées à certains actes, sans parler des mouvements d'expression de ce qu'on appelle sentiments chez les êtres normaux, on doit reconnaître que le chapitre de psychologie le plus difficile à écrire, celui des phénomènes de l'innervation supérieure, des fonctions de l'écorce du cerveau, trouvera ses matériaux les plus rares et les plus authentiques dans l'observation du *Chien sans cerveau*. « Selon moi, a écrit GOLTZ, la lésion de déficit la

plus importante qu'on observe après l'ablation du cerveau, c'est la perte de toutes les manifestations ou expressions d'où nous inférons la *raison*, la *mémoire*, la *réflexion* et l'*intelligence* de l'animal (607 et sq.). »

Un exemple à l'appui. On comprime une patte de derrière d'un chien sans cerveau : il gronde et voudrait mordre la main qui le fait souffrir. Je détermine une douleur encore plus forte en marchant par mégarde sur la même extrémité de mon chien ; peut-être fera-t-il entendre un cri plaintif vite réprimé : il ne gronde pas, il mord encore moins. Il sait, dit GOLTZ, que son maître ne l'a pas fait exprès et réprime la manifestation de la douleur. S'il s'agissait d'un étranger, il n'aurait sans doute pas autant d'empire sur lui-même. Selon les circonstances le chien normal répond donc d'une manière différente à la même excitation. Le chien sans cerveau en est incapable ; entre l'homme et l'animal, il ne distingue pas ; il gronde et aboie aussi bien lorsqu'il s'est heurté à un corps inanimé, semblable au petit enfant qui bat la table contre laquelle il s'est cogné le front. GOLTZ suppose qu'on lui adressera cette objection : le chien ne pouvait pas distinguer l'homme de l'animal parce que ses nerfs olfactifs avaient été coupés et que, très vraisemblablement, les nerfs des bandelettes optiques, reliant ses yeux avec le reste de son cerveau, étaient gravement lésés à cause du ramollissement des couches optiques. Les deux sens de l'*olfaction* et de la *vision* n'existaient pour ainsi dire plus, et l'animal ne pouvait recourir à leur aide pour la connaissance du monde extérieur. Voici sa réponse : « Soit ; mais voici un fait : ce chien ne s'est pas servi davantage, pour agir d'une façon intelligente, des sens de l'*ouïe*, du *goût* et du *toucher*, quoique les connexions nerveuses de ces trois sens fussent intactes. Le chien ne comprenait pas ce qu'on lui disait. Il faisait aussi peu attention aux menaces qu'aux paroles de caresse. Pourtant, il entendait ; car il pouvait être réveillé par le bruit, et réveillé en paraissait éprouver des sensations désagréables. » Nous ne relèverons pas l'assertion de GOLTZ qui, après l'ablation de l'écorce tout entière du cerveau antérieur d'un mammifère, parle de l'intégrité des connexions anatomiques des centres de l'audition, du goût et du toucher. Un exemple encore, pour prouver que le chien décérébré n'a plus de *mémoire* et ne saurait *réfléchir*, en un mot, qu'il est moins capable *d'apprendre* quoi que ce soit par *expérience* que l'animal le plus stupide. Ce chien, qui semblait éprouver les sensations de la *faim* et de la *soif*, puisque, aux heures des repas, il accélérait ses mouvements de manège, poussait même quelquefois des cris d'« impatience », et, de ses deux pattes de devant, se dressait sur le bord de sa cage, d'où il était tiré deux fois par jour pour être immédiatement alimenté sur une table placée à proximité ; ce chien, « s'il avait eu seulement une étincelle de *mémoire* et de *raison* », aurait dû remarquer la

suite des actions, répétées durant des mois et des mois, qui le concernaient si étroitement. L'animal le plus stupide aurait appris qu'un rapport de succession existait entre l'extraction de la cage et le repas. Le chien décérébré entra, le dernier jour de sa vie, dans la même *fureur* que tous les mois passés, lorsqu'on le prit pour l'emporter : il *trépignait, aboyait, mordait*; posé sur la table, il se calmait aussitôt. C'est que l'expérience implique des *souvenirs*. Un chien normal se montre reconnaissant si on le tire d'embarras, si on lui enlève sa muselière ou qu'on détache sa chaîne, etc. : le chien sans cerveau n'en a cure ; il ne témoigne, nous l'avons dit, ni *joie*, ni *tristesse*, ni *envie*, ni *jalousie*. Il mordrait la main qui le délivre, car il ne comprend pas le service qu'on lui rendrait. Il mâche impassible le morceau de viande qu'on lui tend et l'avale.

Goltz compare avec raison, selon nous, les déments des asiles d'aliénés à son chien décérébré : ce sont des *hommes sans cerveau*. « Je suis, dit-il, convaincu que, dans les cas pathologiques humains aussi, quand le ramollissement progressif du cerveau ne laisse subsister qu'un petit reste de l'organe, ce reste peut à peine conserver quelque activité. » On a observé des mammifères adultes dont une tumeur tenait la place du cerveau. On parle aussi de cerveaux « pétrifiés » de ruminants, c'est-à-dire dans lesquels on a découvert des exostoses intracraniellеs (W. Roth), et qui, quoique atrophiés et réduits à peu de choses, n'empêchaient pas ces animaux d'aller aux pâturages jusqu'à la fin et de donner même de la tablature aux bouchers qui les assommaient. « Depuis que nous connaissons nos chiens sans cerveau, ces bœufs à cerveau pétrifié nous paraissent du plus haut intérêt. » On rapporte de quelques-uns qu'ils étaient aussi étonnamment maigres. Ces bœufs à cerveau pétrifié mangeaient l'herbe des prés, comme les grenouilles décérébrées de Schrader prenaient les vers. « En somme, tous ces faits prouvent, avec une clarté suffisante, que les fonctions des parties encéphaliques (*Hirnteile*) situées derrière le cerveau sont, chez tous les vertébrés, à peu près les mêmes. J'ai établi, il y a des années, que la moelle épinière des animaux supérieurs possède des fonctions indépendantes, autonomes, aussi variées que la moelle épinière de la grenouille. Ce principe, je dois maintenant en étendre la portée : il ne vaut pas seulement pour la moelle épinière, il vaut pour toutes les parties du système nerveux central situées en arrière du cerveau antérieur. » (Goltz).

Discussion des observations de Goltz. Critiques de H. Munk et d'Edinger. — Une première critique, adressée par Hermann Munk à Goltz à l'occasion des doctrines physiologiques de cette observation, c'est que, si la physiologie est une science naturelle, si les fonctions

de l'innervation supérieure doivent, comme toutes les autres fonctions des organismes vivants, être rattachées à un substratum défini, tissu, organe ou appareil, le chien sans cerveau ne pouvait être qu'une machine réflexe, un automate, sans sensation.

Il n'odorait pas, GOLTZ le concède : il ne pouvait pas voir non plus, ni entendre, ni goûter, ni éprouver des sensations tactiles, car le siège des sensations chez les mammifères, l'écorce du cerveau, n'existait plus. MUNK enseigne, en effet, que non seulement les représentations, nées des résidus des sensations, mais les sensations élémentaires elles-mêmes et leurs perceptions sont des fonctions de l'écorce cérébrale. GOLTZ n'a jamais observé qu'une impression lumineuse quelconque eût déterminé la nature ou la direction des mouvements du chien sans cerveau ; il ne voyait pas plus sa nourriture que quoi que ce soit ; il n'évitait pas les obstacles placés sur son chemin ; il était donc aveugle, et la cécité résultait de l'ablation des centres de la vision cérébrale ou mentale, centres localisés par MUNK, et que le couteau de l'opérateur avait enlevés avec tous les autres. Cependant GOLTZ soutient que ce chien n'était pas aveugle, et la preuve qu'il en donne, c'est que, en dehors de la conservation des réflexes pupillaires, ce chien fermait les yeux et détournait la tête si, dans l'obscurité, on projetait tout à coup sur lui l'éclat d'une lumière intense. Par quelle voie nerveuse ce processus moteur a-t-il été déterminé ? Résultait-il d'une excitation du trijumeau ou du nerf optique ? MUNK n'a pas de peine à ramener ce prétendu réflexe lumineux, qui aurait été accompagné d'un sentiment *désagréable*, à un réflexe du trijumeau sur le facial, réflexe commun, qui, en provoquant l'occlusion subite des paupières, veille en quelque sorte sur la sécurité de l'œil. Alors même que l'on soutiendrait que l'excitation lumineuse a bien été conduite vers les centres par les fibres centripètes des nerfs optiques, on sait aujourd'hui qu'en traversant les ganglions intercalaires des tubercules quadrijumeaux antérieurs, des corps genouillés externes et du pulvinar, les fibres de l'opticus entrent en rapport fonctionnel avec les cellules d'origine de fibres centrifuges du même faisceau, si bien que des réactions motrices purement réflexes peuvent déterminer des mouvements appropriés des muscles des yeux sans qu'aucune sensation ou perception lumineuse consciente ait existé. On peut donc choisir entre un réflexe du trijumeau sur le facial ou de l'opticus sur l'oculomoteur. Quant au réflexe pupillaire, que GOLTZ d'ailleurs n'a pas invoqué, il peut persister, on le sait, chez tous les animaux rendus aveugles par l'ablation des sphères visuelles et dans l'hémianopsie bilatérale homonyme de cause pathologique chez l'homme. MUNK signale même des cas d'amaurose complète où, avec l'absence de toute sensation lumineuse, il existait de la photophobie. C'est le « réflexe d'éblouissement » du chien décérébré de GOLTZ.

Ce chien était aussi nécessairement *sourd* qu'il était *aveugle*. L'ablation du centre cortical de l'audition (*Hörsphäre*) implique la surdité corticale absolue. Avec un déplacement de l'air aussi violent et aussi prolongé que celui que déterminaient les sons de la trompe de tramway, les vibrations aériennes, même propagées d'une chambre voisine, ont fort bien pu exciter les nerfs cutanés de l'oreille externe et provoquer les mouvements réflexes décrits par GOLTZ. Lorsqu'un chien entend, il dresse les oreilles et sa tête se tourne du côté de la source du bruit ; ce n'était point le cas ici. Les mouvements décrits résultaient de l'*addition* d'excitations de la nature de celles qui produisent les réflexes communs de l'organisme ; une sensation spécifique, telle que celle de l'ouïe, diminue au contraire d'intensité avec la durée de l'excitation. Les mouvements exécutés par le chien étaient bien des *mouvements de défense*, de même nature que ceux qu'avait produits la projection d'une lumière trop

vive sur les yeux de ce chien aveugle. Les secousses qu'il imprimait à ses oreilles et à sa tête, sous l'action de ces sons trop intenses, n'étaient qu'un réflexe commun, déterminé soit par le trijumeau, soit par l'acoustique, et, dans cette dernière hypothèse, par l'intermédiaire des centres acoustiques sous-corticaux, qui sont des centres réflexes au même titre que les centres optiques sous-corticaux. Il existe des cas pathologiques dans lesquels la douleur et les mouvements correspondants dépendaient simplement des vibrations de l'air, non de l'audition, car on les a observés chez des gens complètement sourds.

Munk avait été frappé du fait qu'après l'ablation des sphères auditives un chien n'aboie plus guère, et qu'en même temps qu'il est devenu sourd on pourrait le croire muet. Or le chien décérébré de Goltz, s'il était sourd, n'était pas muet. Pour Goltz il n'était ni l'un ni l'autre; de là un argument contre le résultat des expériences de Munk. Mais Munk y répond en faisant remarquer que le chien sans cerveau ne glapissait, grondait, aboyait, hurlait que par l'effet *direct* d'une excitation infligée à l'animal, par exemple lorsqu'on l'enlevait de sa cage, qu'on le nettoyait, qu'il se heurtait, etc., sans répondre jamais d'ailleurs aux aboiements des autres chiens par son aboiement ni hurler avec eux. Goltz a donc, suivant Munk, confondu la surdi-mutité avec la mutité des chiens frappés de surdité corticale. Les sourds-muets, lorsqu'on les maltraite, font entendre aussi, on le sait, des sons et des cris très variés.

Quant à la *sensibilité tactile (Tastsinn)* qui, quoique très émoussée, subsistait, suivant Goltz, chez le chien décérébré, Munk fait précéder l'examen des faits de quelques définitions nécessaires pour l'analyse exacte des différents modes de cette propriété du système nerveux. Les « sensations de contact » et de « pression » sont liées indissolublement à des signes locaux : de faibles excitations de la peau, d'une intensité et d'une durée peu élevées, suffisent pour les faire naître ; avec des excitations plus fortes, « les sentiments communs » (*Gemeingefühle*) et les « réflexes communs » apparaissent ; enfin les « réflexes de contact », c'est-à-dire des mouvements localisés dans les parties excitées, se manifestent à leur tour. Or le chien, dans les efforts inutiles qu'il faisait pour mordre la main qui le tenait ou tiraillait sa peau, avait perdu, dit Goltz lui-même, « la faculté de trouver le point de molestation avec quelque conscience du but » : il n'atteignait que rarement la main, il l'effleurait des dents ou mordait dans le vide. Ce qui caractérise surtout la sensibilité tactile, le *sens local (Ortsinn)*, faisait donc tout à fait défaut à cet animal. En outre, pour provoquer des réactions motrices, les excitations de la peau devaient être plus fortes qu'à l'état normal : la sensibilité tactile n'était pas seulement diminuée ; elle n'existait plus. Toutes les causes d'irritation infligées à la peau de ce chien étaient bien suivies de signes d'intolérance, de colère ou de fureur : il n'est jamais question de *douleur*.

Goltz croit à tort avoir, au moyen d'excitations tactiles, provoqué des mouvements de réponse correspondants : il n'a déterminé que la production de *réflexes communs*. Le chien répondait au courant d'air dirigé à l'intérieur du pavillon de son oreille en secouant les oreilles et la tête, en fermant les paupières et en détournant la tête si l'on soufflait sur sa conjonctive. La compression d'une patte, etc., était suivie de mouvements des membres, de la tête et du tronc. La nature des réactions motrices de la voix, grondement, aboiement, hurlement, différait également avec l'intensité et la durée des excitations. Tous ces faits rentrent sans effort dans les *lois des réflexes*, ce qui est ici bien naturel. On ne s'explique même pas que la nature des mouvements ait pu être méconnue. En insistant comme il l'a fait sur la variété des expressions de la voix, Goltz ne paraît pas avoir pris garde que, dans « la transmission des phénomènes d'excitation au système nerveux central, les centres de la moelle allongée qui commandent aux muscles du larynx, et les centres encore plus haut situés de la phonation, se trouvaient engagés dans le processus, et qu'avec

des causes différentes d'excitation l'activité de ces centres doit varier aussi bien que celle des centres d'innervation des muscles des extrémités, du tronc et de la tête ». Quant au caractère d'adaptation des mouvements, il appartient en propre à tous les réflexes communs de l'organisme. Ce chien à sensibilité générale si obtuse était hyperexcitable : il grondait, hurlait, mordait, entrait en fureur lorsqu'on le tirait de sa cage, qu'on lui comprimait une patte, etc. Ce n'est pas, comme le répète Goltz, parce qu'il manquait d'empire sur soi-même, ou parce qu'il avait perdu ses fonctions d'inhibition cérébrales. Munk vit se produire cette *hyperexcitabilité réflexe* chez les animaux dont les parties inférieures du système nerveux ont été séparées des parties supérieures avec lesquelles elles se trouvaient en rapport fonctionnel : c'est à elle qu'il rapporte en particulier les mouvements de locomotion du chien décérébré ainsi que ceux qu'il déployait dans l'acte de manger et de boire. Quant au sens du *goût*, chacun sait que les substances trop sucrées ou trop amères qui affectent les nerfs tactiles et gustatifs de la cavité buccale au point de provoquer le dégoût, sont crachées ou vomies, et que, si l'excitation a été suffisamment intense, elle peut déterminer ce réflexe commun indépendamment de toute sensation sapide, par l'effet de l'irritation du glosso-pharyngien ou du trijumeau : c'est un *réflexe de protection* de l'appareil digestif, comme l'éternûment et la toux pour l'appareil de la respiration ; c'est aussi un *réflexe commun de défense* pour la sensibilité gustative et tactile de la cavité buccale comparable à ceux qui protègent les sens de la vue, de l'ouïe et du toucher. C'est en vertu d'un réflexe de ce genre, d'un réflexe de défense ou de protection, que le chien décérébré crachait la viande trempée dans une solution de quinine : il n'éprouvait aucune sensation de saveur. Munk fait bien remarquer, en effet, que la viande n'était rejetée qu'après avoir été mâchée à plusieurs reprises, et qu'ici encore le réflexe commun résultait d'une addition d'excitations transmises aux centres réflexes du système nerveux central.

En somme, et c'est la conclusion physiologique à laquelle cet examen critique amène Munk, « les sens, qui, normalement excités, nous livrent la connaissance du monde extérieur, sont protégés contre les effets anormaux, dangereux pour eux, de certaines excitations périphériques, par un mécanisme en vertu duquel les excitations trop intenses des nerfs périphériques provoquent, sans aucune sensation proprement dite, par la voie des réflexes communs, des mouvements qui écartent ou éloignent les *stimuli* des terminaisons des nerfs et éveillent en outre la sensibilité générale, de sorte que des mouvements conscients ou volontaires peuvent concourir au même but. Ces *mouvements réflexes communs de protection*, dont les centres réflexes sont situés, dans le système nerveux central, au-dessous du cerveau, se trouvaient conservés chez le chien décérébré. » Ce sont ces réflexes que Goltz a pris par erreur pour des signes de la persistance des sensations. Tout au contraire, du moment que les excitations périphériques des sens n'ont point provoqué, chez ce chien, d'autres mouvements que des réflexes communs de protection, l'observation de Goltz démontre, de la façon la plus éclatante, ce qu'avaient d'ailleurs établi les extirpations partielles de l'écorce cérébrale chez le chien et les observations pathologiques correspondantes du cerveau de

l'homme : les sensations de lumière, de son, etc., ont pour siège ou substratum anatomique l'*écorce cérébrale*.

Pour EDINGER, le chien décérébré n'était pas « complètement aveugle », quoique rien n'atteste qu'il se soit, en une seule circonstance, servi de la vue pour une action quelconque. Cependant il possédait une partie de ces ganglions optiques de la base que GOLTZ avait autrefois considérés comme suffisants, chez le chien comme chez la grenouille, pour faire éviter les obstacles. L'interprétation vraie du réflexe du clignement, MUNK, je n'en doute pas, nous l'a donnée, avec cette pénétration et cette précision qui caractérisent sa critique. Aussi, ce qui importe, ce n'est pas ici l'interprétation d'EDINGER à ce sujet, qui aussi bien est celle de GOLTZ : c'est la belle généralisation d'anatomie comparée qui est sortie de cette étude toute technique de pièces anatomiques, c'est cette sorte d'introduction nécessaire à toute psychologie physiologique de l'avenir, envisagée comme science des fonctions de l'écorce du cerveau. Là est le grand mérite d'EDINGER, qui ne s'était proposé que de concilier les contradictions doctrinales existant entre ceux qui affirment, avec GOLTZ, qu'un mammifère sans cerveau peut encore éprouver des sensations, traduire ses sentiments par des expressions variées de la voix, exécuter des mouvements adaptés à des buts fonctionnels, quoique absolument dénué d'intelligence, de mémoire, de réflexion, — et ceux qui nient la réalité de ces sensations et expliquent par l'automatisme toutes les réactions de l'animal, simple machine, dont le mécanisme très complexe crée toute l'illusion.

La vue seule des coupes des tubercules quadrijumeaux et de la moelle allongée ne ferait jamais croire que le système nerveux central avait subi, chez ce chien décérébré, des destructions si étendues, quoique toute la voie des pyramides ait dégénéré des deux côtés, voire quelques faisceaux des cordons postérieurs de la moelle épinière. Un premier enseignement qu'en tire EDINGER, c'est l'indépendance relative, l'espèce d'autonomie, dont jouissent, en regard des parties du cerveau antérieur, les centres postérieurs de l'encéphale, moelle épinière, moelle allongée, ganglions de la base, cerveau moyen, cerveau intermédiaire. Les principales fonctions de ces régions du névraxe, telles que la *coordination réflexe des mouvements*, n'étaient pas, en effet, chez ce mammifère, essentiellement troublées. Il avait pourtant, avec les deux hémisphères, perdu une partie des corps striés. Chez l'homme et le singe, une destruction, même minime, de l'écorce cérébrale des circonvolutions rolandiques détermine une parésie ou une paralysie si nettement circonscrites parfois, qu'on peut diagnostiquer le siège de la lésion cérébrale : l'impotence, accompagnée des troubles plus ou moins nets de tous les modes

de la sensibilité générale, persiste et subsiste dans le domaine des mouvements volontaires. Chez le chien, au contraire, comme chez tous les vertébrés inférieurs, l'écorce peut être enlevée sans perte essentielle des mouvements de la vie de relation, à l'exception, toutefois, chez les mammifères, des mouvements volontaires ou acquis, c'est-à-dire représentés dans l'écorce cérébrale.

En clinique, la paralysie générale, la démence paralytique, qui détruit progressivement les différents territoires de l'écorce cérébrale, réalise l'état de la plupart des mammifères qui ont subi des ablations relativement considérables de l'écorce des deux hémisphères, comme dans les expériences de Goltz. Je crois avoir été des premiers à prononcer le mot de démence pour caractériser l'état des animaux que Goltz avait cru pouvoir faire servir à la démonstration de sa doctrine antilocalisatrice. « S'il en est ainsi, écrivais-je, c'est-à-dire si ces animaux sont déments, il est clair que les expériences de Goltz n'ont aucune valeur, pour ou contre la doctrine moderne des localisations cérébrales. » Depuis, les disciples de l'éminent professeur, Jacques Loeb, entre autres, ont dû se rendre à l'évidence sur la nature de l'état mental créé de toutes pièces sur ces mammifères. Une différence importante, toutefois, entre le dément paralytique et l'animal rendu dément, c'est que, chez l'homme, l'écorce cérébrale, étant bien plus exercée que chez le chien, bien plus différenciée au point de vue fonctionnel, et partant anatomique, les moindres lésions de cette partie de l'organisme, qui affectent à peine l'animal, ont chez nous des retentissements prolongés dans les domaines de la sensibilité, de l'intelligence et des mouvements volontaires. L'état psychique du nouveau-né peut encore être rapproché, comme l'a fait Edinger, de celui d'un mammifère décérébré ou d'un vertébré inférieur. Chez le nouveau-né, en effet, l'écorce du cerveau et les centres primaires sous-corticaux ne sont encore reliés que par un petit nombre de connexions; les radiations optiques, par exemple, ne se développent que plusieurs semaines après la naissance chez l'homme. La sphère visuelle, complètement développée chez le chien au quarantième jour, ne l'est, chez l'enfant, d'après Steiner, qu'au cinquième mois : alors seulement ce centre cortical du cerveau antérieur pourrait répondre à l'excitation électrique par des mouvements associés des yeux et des mouvements correspondants de la tête. Il résulte, en effet, des observations de E. Raehlmann, que si, dès la *cinquième semaine,* l'enfant est capable de fixer un objet se trouvant dans la direction de sa ligne visuelle, les mouvements des yeux nécessaires à la fixation des objets périphériques font encore défaut : ce n'est qu'au *cinquième mois* que ces mouvements existent ; l'enfant peut alors suivre du regard les objets qui se déplacent dans son

champ visuel et acquérir des notions d'orientation dans l'espace (1). Pourtant il est certain que le jeune enfant voit : il lui manque seulement, et longtemps encore, comme au chien sans écorce cérébrale, l'intelligence de ce qu'il voit et la possibilité de faire servir ce qu'il a vu à quelque fin voulue et appropriée. Ce n'est qu'avec le développement de ses faisceaux de fibres optiques qu'il peut se servir de son écorce cérébrale pour ces fins.

Mais que, par l'effet d'une lésion destructive totale de l'écorce des deux lobes occipitaux, d'un ramollissement embolique, par exemple, un homme soit frappé de cécité absolue : il ne peut pas voir avec ses centres optiques inférieurs, sous-corticaux, comme le font les amphibiens et les reptiles, comme l'aurait fait le chien décérébré de Goltz, si nous en croyions ce physiologiste, et ainsi que paraît l'admettre Edinger. Luciani et Tamburini avaient aussi cru pouvoir admettre, outre les centres corticaux de la vision, des centres basilaires de cette même fonction, sans doute localisés dans les tubercules quadrijumeaux et les couches optiques, capables de suppléer, chez les mammifères, l'écorce des plis courbes et des lobes occipitaux détruite dans toute son étendue. Il faut aujourd'hui très résolument affirmer que ces auteurs ont erré. Un mammifère sans écorce cérébrale ne peut, comme une grenouille qui a subi la même opération, donner des preuves de la persistance du sens de la vue. Les prétendues preuves apportées par Goltz doivent être interprétées, on l'a dit, dans un sens tout contraire. Les expériences et les observations de Munk ont établi que les mammifères et les oiseaux voient avec leur cerveau : ces vertébrés deviennent complètement aveugles après l'ablation complète des lobes occipitaux. Plus on s'élève dans la série animale, plus l'écorce cérébrale devient un organe important, puis tout à fait indispensable, pour les fonctions psychiques supérieures. Les effets de l'ablation des lobes occipitaux sur la vision mentale doivent donc différer fort chez le singe, le chien et le lapin. Mais, chez tous les mammifères, la perte de ces régions du cerveau antérieur entraîne fatalement la cécité. Voilà un point de doctrine que je considère comme acquis, en dépit des assertions contraires de l'École de Strasbourg.

Effets de la réduction des mammifères en trois tronçons par excisions répétées de la moelle épinière. — « Nous avons pu établir, comme un fait démontré, écrivent F. Goltz et J. R. Ewald, qu'un chien qui, des

(1) Steiner. *Ueber die Entwickelung der Sinnesphaeren, insbesondere der Sehsphaere, auf der Grosshirnrinde des Neugeborenen.* Sitzungsb. der k. pr. Akad. d. Wiss., 1895, 303.

centres nerveux, ne possède plus que le *cerveau* et la *moelle allongée,* peut rester pendant des années dans des conditions de santé parfaite. La *moelle dorsale,* la *moelle lombaire* et la *moelle sacrée* ne sont donc pas indispensables pour la persistance de la vie. Si l'on a généralement admis que, chez les animaux à sang chaud, la moelle épinière est nécessaire à la marche des processus de nutrition, à la régulation de l'innervation vaso-motrice et par suite à l'entretien de la chaleur du corps, on a fait une supposition qui repose sur une erreur (1). »

La longueur du segment de moelle épinière qu'on enleva, à chaque opération, par excision ou par extirpation, fut d'ordinaire de 80 millimètres environ. Le segment le plus long qui fut enlevé dans une opération était de 108 millimètres. Les animaux choisis étaient de petites chiennes adultes, mais jeunes, dont la longueur, du museau à la racine de la queue, atteignait tout au plus 60 centimètres. La moelle épinière d'une chienne de cette taille mesure à peu près 45 centimètres.

Quand, après la première opération, qui sépare la moelle cervicale ou dorsale du cerveau, on isole, dans une seconde opération, la moelle lombaire et la moelle sacrée, le système nerveux central de l'animal se trouve de fait divisé en trois tronçons. Le tronçon antérieur, que Goltz appelle l' « animal antérieur » (*das Vorderthier*), contient le cerveau et la portion de moelle épinière demeurée en rapport avec le cerveau. L' « animal moyen » (*das Mittelthier*) ne possède plus qu'un fragment de moelle épinière, de moelle dorsale. Quant à l' « animal postérieur » (*das Hinterthier*), sa portion de colonne vertébrale ne renferme plus aucune trace de moelle épinière.

L' « animal antérieur » *respire*, *mange* et *boit* pour ses compagnons qui lui demeurent associés par la circulation commune, mais sans avoir cure de ce qui leur arrive. L' « animal postérieur », de son côté, continue à entretenir les fonctions de la nutrition dans la communauté. Ce mode particulier d'association animale nous est, dit Goltz, une occasion de rechercher quelles fonctions possède encore un fragment de moelle épinière dorsal séparé par une solution de continuité des plus nettes aussi bien de la moelle cervicale que de la moelle lombaire. En d'autres termes : quels phénomènes biologiques présente l' « animal moyen » dus à l'activité de son tronçon de moelle isolé ? Si l'on saisit l'animal dans la région de l'origine des membres antérieurs, de manière que la tête se trouve en haut et que les extrémités postérieures pendent complètement paralysées, on voit des mouvements réflexes répondre, dans les limites de l'animal moyen, à de simples excitations cutanées. Si l'on passe la main sur un côté de la poitrine, le côté droit, par exemple, le tronçon de colonne vertébrale contenant la portion de moelle épinière isolée se courbe fortement à droite. De même à gauche si l'on irrite de ce côté un point symétrique de la peau. L' « animal postérieur » absolument paralysé accompagne naturellement d'une façon toute passive ces mouvements de la colonne vertébrale. Si l'on ne fait qu'effleurer le côté de la poitrine, il ne se produit qu'une légère contraction de la peau due aux muscles sous-jacents. L'animal entier étant étendu sur le ventre, et ses trois parties étant complètement immobiles, si l'on gratte la peau du *dos*, on peut observer dans certains cas que, seul, l'animal

(1) Fr. Goltz und J.-R. Ewald. *Der Hund mit verkürztem Rückenmark*. Aus dem Physiol. Inst zu Strassb. i. E. Arch. f. d. ges. Phys., 1896, LXIII, 362-400.

moyen tressaille, tandis que la tête et l'arrière-train ne sont que passivement associés à ce mouvement. Le train postérieur et la poitrine d'un chien ayant été mouillé par accident, GOLTZ constata que seul l'« animal moyen » était pris de tremblements généraux : l'« animal postérieur » et l' « animal antérieur » demeurèrent en repos. Les réflexes du tressaillement et du tremblement peuvent donc se manifester dans chaque tronçon de moelle isolément.

L'excitabilité réflexe de la portion postérieure du corps a été trouvée considérablement exaltée. Chez un chien, par exemple, un simple souffle dirigé sur les extrémités suffisait pour déterminer de vifs mouvements réflexes. La plus légère caresse de la peau du dos provoquait dans un autre les plus violents mouvements de queue. Tous ces mouvements réflexes se pouvaient inhiber pour un temps en exerçant une pression convenable sur un point quelconque de la peau du train postérieur.

Quant à la dégénérescence secondaire des muscles du squelette qui succède régulièrement aux destructions de la moelle épinière, si l'on excise une partie de la moelle dorsale et qu'on laisse sa moelle à l'animal postérieur, on observe, au cas où l'animal vient à succomber, que cette dégénérescence est limitée aux muscles de l' « animal moyen », dont la moelle a été extirpée. Dans les expériences où l'opération réussit à créer un « animal postérieur » d'une longueur considérable privé de sa moelle épinière, GOLTZ a noté que les muscles des extrémités postérieures, ceux de l'abdomen et ceux des espaces intercostaux avaient disparu. Ainsi, les muscles du squelette sont bien sous la dépendance de leurs nerfs moteurs ; ils ne survivent pas à la destruction de la moelle épinière parce que, de ce fait, leurs nerfs ont été détruits.

Dans un cas, la section de la moelle cervicale fut pratiquée si haut que les extrémités antérieures demeurèrent complètement soustraites à l'influence de la volonté du cerveau. Le fait suivant démontre à quel point la tête avait peu le sentiment de ce qui pouvait se passer dans les pattes antérieures. Le 28 mai 1891 la moelle cervicale avait été sectionnée chez l'animal. Dans deux autres opérations (1er décembre 1891 et 5 janvier 1892), deux segments de moelle épinière lui furent enlevés, mesurant ensemble une longueur de 130 millimètres. La tête n'avait naturellement rien su de ces opérations. La blessure causée par la dernière opération était guérie en grande partie, lorsque, le 15 janvier 1892, quand l'animal se leva le matin de son lit, on remarqua que la tête avait, « par distraction », rongé un morceau d'une patte antérieure presque jusqu'à l'articulation. La faim ne pouvait être accusée de cette automutilation, ces chiens, inutile de le dire, étant surnourris. Pour protéger à l'avenir l'animal contre lui-même, on dut le museler. La patte rongée fut amputée ; elle guérit fort bien. Ce chien fut présenté au 18e congrès des neurologistes de Baden-Baden, le 28 mai 1892 ; il mourut le 2 octobre de la même année.

L'animal antérieur et l'animal moyen ne sont séparés par aucune ligne exacte de démarcation. Chaque zone du corps reçoit, on le sait, ses nerfs moteurs et sensitifs d'un certain nombre de racines nerveuses. Si la section de la moelle épinière séparant l'animal antérieur de l'animal moyen passe par une série de racines se distribuant à un même territoire périphérique, la zone du corps correspondante se trouvera être innervée aussi bien par les centres nerveux appartenant à l'animal antérieur que par ceux qui sont en rapport avec le tronçon de moelle isolé de l'animal moyen. Que la section transverse passe, par exemple, par le renflement cervical de la moelle épinière, la tète aussi bien que la moelle épinière de l'animal moyen pourront exciter des mouvements des extrémités antérieures. « D'une part, la tête peut manifester son étonnement à propos d'un mouvement réflexe des extrémités antérieures dont l'animal moyen est le théâtre et qu'elle sent; d'autre part, la tête peut, par des mouvements volontaires de l'animal antérieur, déterminer des phénomènes réflexes qui s'exécutent dans l'animal moyen. *Nous laissons de côté la question de savoir si l'animal moyen n'éprouve peut-être pas aussi d'obscures sensations (dumpfe Empfindungen),* car il est impossible de la décider ».

Poursuit-on l'œuvre de destruction, enlève-t-on, par excision ou extirpation, un second, un troisième tronçon de moelle épinière, le domaine de l'animal moyen se rétrécit naturellement d'autant, tandis qu'augmente celui de l'animal postérieur dépourvu de moelle épinière. Si le tronçon de moelle de l'animal moyen est très court, il dégénère. « Chez un chien, qui survécut trois ans à la première section, le tronçon de moelle long de 51 millimètres qui avait appartenu à l' « animal moyen » était réduit à un mince filament. L'atrophie d'un court fragment de moelle épinière, isolé par deux coupes, s'explique déjà en partie par les conditions défavorables de la circulation dans ce tronçon ».

Goltz a même réussi à diviser un mammifère en quatre parties. Goltz étudie les phénomènes que présente ici « l'animal postérieur », qui, sans moelle épinière, pend en manière de grand appendice inexcitable et paralysé. Nous avons insisté plus loin sur le problème encore insoluble du mode d'innervation du *sphincter externe de l'anus*. Quant au *canal intestinal,* après une diarrhée de plusieurs jours, consécutive, au moins dans quelques cas, à l'extirpation d'un grand segment de moelle épinière, ce phénomène s'est amendé et, quelques semaines après l'opération, les fonctions de la digestion étaient absolument semblables à celle d'un animal intact. « Il est donc établi qu'un chien, qui ne possède plus de la moelle épinière que la moelle cervicale et un bout dégénéré de la moelle dorsale supérieure, peut digérer d'une façon qui ne paraît accompagnée [de] trouble. » On ne peut assurer naturellement que la sécrétion des

sucs gastriques et intestinaux demeure la même : elle est suffisante au moins pour entretenir un bon état de nutrition de l'animal. Les fèces avaient la même coloration que chez les chiens normaux. Les mouvements péristaltiques intestinaux ne différaient guère non plus. La *vessie*, immédiatement après l'extirpation de la moelle lombaire et de la moelle sacrée, se distend fortement par l'accumulation de l'urine ; il faut la vider en comprimant légèrement l'abdomen de temps en temps. Cette parésie s'amende progressivement, et, quelques mois après l'opération, on n'a plus besoin de s'en préoccuper : la vessie se vide d'elle-même. L'urine demeure limpide et ne contient ni sucre ni albumine. La *parturition*, la *lactation* ne présentent point d'altérations notables.

Quant à la *circulation du sang* chez le chien à moelle raccourcie, la survie en bonne santé, pendant des années, de l'animal, serait à coup sûr impossible si les fonctions du cœur et la pression sanguine subissaient, du fait de cette énorme perte de substance nerveuse, quelque altération essentielle. Après une première période transitoire de paralysie vaso-motrice des extrémités postérieures, la tonicité et le calibre des vaisseaux sanguins redeviennent normaux dans ces parties comme dans les membres antérieurs. Le froid et la chaleur agissent sur les vaisseaux sanguins de la peau de l' « animal postérieur » comme sur ceux de l' « animal antérieur ». Grâce à cette propriété des vaisseaux, l'animal peut conserver la température normale de son sang au milieu des oscillations les plus considérables de la température extérieure, bien entendu après que le péril du refroidissement mortel qui menace l'animal immédiatement après l'opération a été conjuré. Il est alors nécessaire d'assurer artificiellement le maintien de la température normale du sang en tenant l'animal dans des caisses à double paroi où circulait de l'eau chaude. Ce n'est que quelques semaines plus tard que la régulation thermique est suffisamment rétablie pour que l'animal n'ait plus besoin de séjourner dans un milieu surchauffé. Goltz n'a eu garde d'exposer ses chiennes à une température de 0° ; elles seraient mortes de froid. Car l'animal à moelle épinière raccourcie ne peut, comme l'animal normal, diminuer la déperdition de chaleur, lorsqu'il est exposé au froid, en se blotissant en rond et en tremblant. D'ailleurs la production de chaleur est sans doute moindre chez le chien opéré. Peut-être, chez ces animaux, le resserrement et la dilatation des vaisseaux sanguins, si importants pour la régulation de la chaleur du corps, résultent-ils simplement de l'application directe du froid et de la chaleur sur la substance contractile des parois vasculaires. Sous l'influence de la chaleur de l'été (30°) ou du refroidissement de la température (15°) la peau était également chaude ou froide sur les trois tronçons de l'animal, quoique l'innervation de ceux-ci fût très différente. Ce n'est pas à dire, toutefois, que le resserrement et la dilatation des vaisseaux cutanés ne diffèrent pas dans les trois tronçons : souvent la température des extrémités postérieures a été trouvée plus élevée que celle des membres antérieurs, et quelquefois ça été le contraire. « Il n'en est pas moins établi que l'animal, considéré dans son ensemble, et quoique la plus grande partie de son corps soit soustrait à l'influence du cerveau et de la moelle épinière, peut conserver la température normale de son sang (38 à 39°) au regard de conditions extérieures des plus variables. Ce fait est d'autant plus remarquable, que jusqu'ici nous n'avons pu nous convaincre que l' « animal postérieur » dépourvu de moelle épinière possède encore une régulation thermique, régulation qui a une très haute importance pour les températures élevées, pour la sécrétion de la *sueur* en particulier. » Sur des

chiens dont la moelle avait été extirpée au niveau des vertèbres cervicales, GOLTZ a quelque fois constaté que tout le corps, à l'exception de la tête et de la plus grande partie du cou, était couvert de sueur, et cela pendant plusieurs jours ; cette hyperhydrose cessait ensuite. Il rappelle que POURFOUR DU PETIT avait observé la même sécrétion chez un cheval après la section du sympathique cervical. Il ne saurait pourtant affirmer que l'animal postérieur sans moelle épinière puisse suer, quoique l'abondante sécrétion des glandes lactées, chez ces mêmes animaux, permette de croire que les glandes sudoripares fonctionnent aussi.

Relativement aux organes de la *peau*, les poils de l'animal antérieur ont souvent un aspect tout différent de ceux de l'animal postérieur ; la mue est plutôt terminée pour le premier que pour le second. Mais GOLTZ a surtout insisté sur les graves troubles de nutrition de la peau qui éclatent d'ordinaire (car ils peuvent être conjurés) sur le train postérieur après la première opération, c'est-à-dire après la première extirpation de la moelle épinière au niveau de la cinquième ou sixième vertèbre cervicale, ou mieux des premières vertèbres dorsales. Ces troubles ne reparaissent pas lors des opérations suivantes. L'existence de « nerfs trophiques » dont la section provoquerait *infailliblement* des troubles de nutrition cutanée doit donc être définitivement rejetée, encore qu'il soit exact que les régions énervées résistent moins aux causes nocives de l'ambiance et que la symétrie des lésions inflammatoires et autres qui sont la suite de la première opération témoigne en faveur de l'action du système nerveux central sur la trophicité de la peau.

Cette diminution d'énergie vitale de l'*animal postérieur* est d'ailleurs la règle : « Si nous avons prouvé, écrivent les savants professeurs de Strasbourg, que la moelle épinière des animaux à sang chaud n'est point un organe indispensable à la vie, nous n'avons pas voulu dire que la moelle épinière n'a point d'importance pour les phénomènes de la vie végétative. » C'est ainsi que la contractilité du sphincter de l'anus est certainement plus forte après une section simple de la moelle épinière qu'après les extirpations répétées de ses différents tronçons. Les contractions rythmiques de l'anus qui, dans le premier cas, peuvent être facilement provoquées d'une façon réflexe, ne s'observent plus que très rarement dans le second.

L'énergie des mouvements de la vessie n'est pas moins amoindrie après l'extirpation de la moelle épinière. Ces animaux se trouvent désormais dans un état d'équilibre instable extrême. Des accidents qu'un chien sain surmonte facilement les font périr. Les troubles de la digestion et surtout ceux des fonctions de l'urination exigent une attention constante. « La plupart de ces animaux succombent à une cystite purulente, souvent compliquée de néphrite ». Toutefois, comme la cystite a pu être guérie dans quelques cas isolés, GOLTZ en infère que l'inflammation de la vessie n'est pas une « suite nécessaire » de la mutilation de la moelle épinière, mais que cette affection n'est qu'un « phénomène d'accompagnement », d'ailleurs fréquent, qui peut être évité.

La sorte d'occultation profonde que subissent tous les phénomènes de la vie dans l' « animal postérieur » et le retour progressif de ces phénomènes ont fourni l'occasion d'examiner à nouveau un problème que GOLTZ avait déjà étudié, avec sa pénétration habituelle, au début de sa carrière scientifique (1). La perte de sang résultant du traumatisme opératoire n'est pas suffisante pour expliquer les phénomènes immédiats d'une

(1) V. JULES SOURY. *Les fonctions du cerveau.* Paris, 1892, p. 19 sq.

extirpation de la moelle épinière. GOLTZ invoque ici les effets du choc nerveux. Qu'observe-t-on immédiatement après une section simple de la moelle épinière ? L'animal postérieur se comporte à peu près comme s'il ne possédait plus de moelle épinière. La pression de ses pattes postérieures ne provoque plus aucun mouvement réflexe. L'anus demeure béant. L'urine s'accumule dans la vessie flaccide. Bref, tout le train postérieur semble paralysé. Quelques jours après la section de la moelle les réflexes reparaissent, et même quelques-uns ont été observés par GOLTZ déjà vingt-quatre heures après, entre autres les contractions rythmiques du sphincter anal : « Personne n'admettra que le segment de moelle épinière séparé du cerveau ait pu acquérir dans un temps si court des fonctions d'organe central réflexe qui jusque-là lui étaient étrangères : ces fonctions avaient simplement été frappées d'inhibition du fait de la lésion médullaire. La durée de cette inhibition ou de ce choc traumatique diffère beaucoup avec le mode de lésion et la nature propre de l'animal. Les effets du choc durent bien moins longtemps si la moelle a été sectionnée que si elle a été écrasée. D'autre part, chez la grenouille, les effets du choc sont en général bien moins graves que chez les mammifères. »

Mais les effets du choc traumatique consécutifs à une section de la moelle épinière ne s'étendent pas seulement aux grands organes centraux du système nerveux, à la moelle et au cerveau : le tonus des artères est paralysé et les contractions rythmiques de ces vaisseaux cessent (SCHIFF), mais non pour toujours, car dès que ces effets ont disparu, les artères se relèvent de cet ébranlement et recouvrent leur énergie vitale ; leur tonus et leurs contractions rythmiques reparaissent. Or, l'extirpation de la moelle produit un choc semblable à une simple section. « La section du sciatique provoque les mêmes troubles locaux d'une artère du pied que la section de la moelle épinière. » La même explication vaut pour la paralysie du sphincter anal après les destructions de la moelle épinière. De même qu'une artère de la jambe perd sa tonicité après une section transverse de la moelle épinière, ce muscle demeure d'abord relâché ; mais, après les effets du choc, le tonus et les contractions rythmiques recommencent dans l'artère comme dans le sphincter externe. Avec l'extirpation de la moelle épinière, l'effet du choc est plus considérable, mais ce sphincter peut aussi se relever de cette offense et manifester ensuite son activité propre, tonique et rythmique, uniquement influencé désormais par le sympathique. GOLTZ explique aussi par le choc la diminution de la contractilité de la vessie après l'extirpation de la moelle. C'est également aux effets de cette cause qu'il rapporte les troubles passagers de nutrition et de calorification chez l'animal à moelle épinière raccourcie. « Comment,

dans toutes les parties qui éprouvent les effets du choc, ceux-ci apparaissent et disparaissent, c'est ce qui demeure enveloppé d'obscurité. »

Voici les paroles par lesquelles Goltz et Ewald résument et caractérisent le principal résultat de cette grande étude de physiologie expérimentale : « Chez les animaux supérieurs, comme chez l'homme, les plus importants processus de la vie sont décentralisés. Notre organisme ressemble à un État bien administré. Chaque canton doit avant tout savoir pourvoir à soi-même dans les questions vitales. Il ne doit pas en être réduit, pour assurer ses moyens d'existence, à invoquer, en toute occasion, le gouvernement de l'État. A celui-ci incombe uniquement la tâche d'intervenir là où il y a des intérêts communs à sauvegarder et des districts éloignés à associer en vue d'une action profitable à la communauté. Les chocs et ébranlements du gouvernement supérieur de l'État se propagent au loin et affectent la vie des plus petits cantons eux-mêmes. Mais ceux-ci se peuvent remettre de cette alarme si les conditions locales d'existence y sont demeurées bonnes. »

Arrêts de développement et dégénérescences du système nerveux central. — L'écorce cérébrale, le *pallium*, est quelque chose qui ne fait point partie absolument de la notion du cerveau d'un vertébré : elle n'apparaît que progressivement dans la série animale et s'accroît surtout chez les mammifères. La partie de l'écorce cérébrale qu'on nomme, avec ses variations, le lobe frontal, lobe très petit chez les carnassiers, n'est encore que peu développée chez les singes. Le lobe frontal des anthropoïdes eux-mêmes ne diffère pas seulement de volume avec celui des races les plus inférieures de l'humanité. C'est pendant la période de développement, pendant l'enfance et la jeunesse, que le squelette des anthropoïdes offre avec celui de l'homme les ressemblances les plus frappantes. Bien que déjà au cinquième et sixième mois de la vie intra-utérine on trouve, chez le gorille, un grand nombre de caractères propres à l'adulte, tous ces caractères sont encore atténués : ce n'est qu'à l'apparition des premières molaires temporaires, à la fin de la première année, que les traits caractéristiques des anthropoïdes vont s'accentuant. Les espèces de petite taille, chimpanzé et gibbon, présentent dans leur développement encore plus de ressemblances avec l'homme (1). Dans toute comparaison de la structure anatomique et des fonctions physiologiques et psychologiques des anthropoïdes et de

(1) Deniker. *Recherches anatomiques et embryologiques sur les singes anthropoïdes.* Arch. de zoologie expér. et gén., 2e série, III, 1885.

l'homme on doit tenir le plus grand compte de l'âge. « L'enfant simien, a dit Carl Vogt, est sous tous les rapports plus voisin de l'enfant humain que le singe adulte ne l'est de l'homme adulte. » C'est donc dans l'enfance, dans le premier âge surtout, que les singes anthropoïdes et l'homme reflèteraient avec le plus de fidélité les caractères de quelque commun ancêtre, de quelque *Dryopithecus* encore inconnu (1). Déprimé en son milieu chez les vieux gorilles, l'os frontal est, chez les jeunes gorilles des deux sexes, haut, large et bombé. L'arrondissement de l'occipital atteint fréquemment le même degré de développement chez les jeunes anthropoïdes et chez certains hommes. L'écaille occipitale d'un Nigritien, d'un Papou, d'un Malais jeune, peut même se montrer plus aplatie que celle d'un jeune gorille ou d'un jeune chimpanzé. Les points d'ossification du crâne sont d'ailleurs les mêmes chez l'homme et chez les singes anthropoïdes : en général la *région frontale* s'ossifie plus rapidement, tandis que les *régions occipitale, mastoïdienne* et *pétreuse* s'ossifient plus tardivement que chez l'homme. Les *sutures* se ferment à un âge plus jeune; la brachycéphalie des jeunes anthropoïdes diminue avec l'âge (Deniker). L'encéphale des gorilles, qui a d'abord une forme ovoïde allongée, non arrondie comme celle du chimpanzé et de l'orang, se distingue de l'encéphale du chimpanzé, mais non de celui de l'orang, par la complexité des *circonvolutions*. L'ordre d'apparition des *scissures* et *sillons*, chez le gorille et le gibbon, est à peu près le même que chez l'homme : le *lobe frontal* se développe chez eux avant le lobe *occipital*; cependant son développement est moins rapide et s'arrête beaucoup plus tôt que chez l'homme (Deniker). L'*insula* de Reil est, dans la scissure de Sylvius, en général débordée par l'*opercule*: la *scissure* de Sylvius se rapproche davantage de l'horizontale chez le gorille que chez les autres singes anthropoïdes ; le *sillon* de Rolando est surtout très accusé chez le chimpanzé, ainsi que le *sillon du singe* (2).

---

(1) Peut-être pourrait-on dire de ces singes ce qu'on a soutenu à propos des caractères larvaires qui font considérer les ascidies comme les ancêtres des vertébrés : le développement des ascidies indique plutôt qu'ils descendent eux-mêmes des vertébrés ; ce seraient des vertébrés dégénérés par adaptation à un nouveau genre de vie ; l'adaptation à l'ancien mode de vivre pélagique des ascidies expliquerait l'organisation des thaliacés et leur descendance des ascidies (B. Rawitz).

(2) Théophile Chudzinski. *Sur les plis cérébraux des Lémuriens en général et du Loris grêle en particulier.* Bull. de la Soc. d'anthrop., VI (4e série), 1895, 435-464.

« Les plis cérébraux des Lémuriens représentent un état intermédiaire entre les plis des Carnassiers et les plis des Primates, y compris l'homme lui-même. Ces plis se rapprochent de ceux des primates par certains détails et notamment par l'apparition de la scissure de Rolando, par le lobule cunéiforme. Par leur conformation, les plis cérébraux des Lémuriens aident donc à la compréhension des plis cérébraux des anthropoïdes, et, à plus forte raison, des plis du cerveau de l'homme. Le plissement de l'écorce cérébrale des Lémuriens nous guide aussi dans l'étude et dans l'interprétation de l'apparition

R. Hartmann a noté que, loin d'être très faiblement développée chez le chimpanzé, l'orang et le gibbon, ou même de faire absolument défaut chez la plupart des autres singes, comme le voulait Bischoff, la F^3 ou *circonvolution de* Broca, dont le grand développement chez l'homme constituerait une des principales différences entre son télencéphale et celui du singe, est au contraire bien développée chez les anthropoïdes (Pansch) : « Ce qui frappe tout d'abord dans la structure interne du cerveau de ces animaux, c'est la brièveté du *corps calleux* ; on signale aussi l'épaisseur et la mollesse de la *commissure antérieure,* ainsi que la minceur de la *commissure postérieure* du troisième ventricule. Dans les ventricules latéraux on retrouve toutes les parties décrites dans le cerveau humain. Les *tubercules quadrijumeaux* sont très semblables à ceux de l'homme. Le *quatrième ventricule* ne renferme aucune formation remarquable. La *base de l'encéphale* enfin ne diffère guère non plus du type humain. » Quant aux hommes *microcéphales*, R. Hartmann reproduit, contre C. Vogt, les conclusions de Virchow : « 1° Il n'existe aucune espèce simienne qui présente exactement la configuration particulière de l'encéphale des microcéphales ; 2° la psychologie fournit précisément les plus puissants arguments contre les *hommes-singes*; 3° le côté instinctif de l'activité psychique, qui fait presque entièrement défaut aux microcéphales, occupe le premier rang chez les anthropoïdes, comme chez les autres animaux. »

Et pourtant les microcéphales n'ont pas eu de plus grand peintre que Carl Vogt (1). « J'ai vu, dit-il, dans une petite résidence d'Allemagne, un monument que Frédéric le Grand, si je ne me trompe, a fait élever à une princesse de ses amies : *Corpore femina, intellectu vir* est la simple légende de la pierre tumulaire. On pourrait dire de chaque microcéphale : *Corpore homo, intellectu simia.* » Il a fallu renoncer absolument à ces idées. Par microcéphalie *vraie* ou *pure,* c'est-à-dire primitive, on entend aujourd'hui un trouble ou arrêt de développement s'étendant à *tout le système nerveux central,* survenu au cours de l'évolution ontogénique de la vie de l'embryon, mais sans processus tératologiques ni pathologiques proprement dits. Il s'agit d'une espèce d'atrophie congénitale, à laquelle les vieux auteurs donnaient le nom d'agénésie cérébrale : c'est un cerveau en miniature que celui du microcéphale, avait dit Willis. Mais si le volume et le poids de l'organe diffèrent de ceux d'un organe normal, les parties en sont régulières, les méninges ne sont pas épaissies, les

---

successive des sillons et des plis chez tous les primates, depuis l'espèce à cerveau lisse jusqu'au plissement si riche des anthropoïdes et de l'homme. »

(1) *Mémoire sur les microcéphales ou hommes-singes.* Genève, 1865. Mémoires de l'Institut national genevois, X, 198.

ventricules ne sont pas dilatés, le liquide céphalo-rachidien n'est pas en excès. Les neurones du système nerveux central sont moins nombreux, et surtout moins développés, leurs prolongements protoplasmiques et cylindraxiles sont moins ramifiés et moins longs, les faisceaux de fibres à myéline plus grêles. Mais cette indigence générale, qui affecte également, symétriquement, les deux hémisphères, cet arrêt de développement qui a frappé l'axe spinal aussi bien que l'encéphale, car à la *microcéphalie* vraie s'associe la *micromyélie,* n'est accompagné d'aucun processus pathologique ni tératologique, comme dans la pseudomicrocéphalie, laquellē est *secondaire* à des lésions primitives, soit antérieures, soit postérieures à l'apparition des plis du manteau, lésions qui ont paru pouvoir être rapportées quelquefois à quelque défaut de symétrie ou de développememt des os du crâne. La pauvreté relative des organes de la vie psychique, le petit nombre des éléments nerveux que séparent en quelque sorte de vastes espaces, où de rares ondes nerveuses ne se propagent qu'avec peine par défaut de conducteurs: voilà qui explique suffisamment, dans la microcéphalie pure, la profonde médiocrité des sensations, de la mémoire, des images, des associations, bref, de l'intelligence et des réactions motrices du névraxe en rapport avec les instincts, les tendances, le langage des signes et le langage articulé, les mouvements adaptés et volontaires, l'arrêt de développement du cerveau et de la moelle déterminant celui des voies nerveuses centripètes et centrifuges, comme l'attestent les dimensions du centre ovale et des pédoncules cérébraux. Les systèmes de fibres d'association ne sont pas moins altérés quant au nombre et à la longueur des prolongements cylindraxiles qui les constituent: le corps calleux est remarquablement court et mince, en particulier dans la région du *splenium.*

Voici les conclusions du Mémoire qu'après de longues études (1884-1890) C. Giacomini avait consacré à cet important sujet (1): « 1° Dans la microcéphalie, le processus qui a frappé l'organisme s'est localisé essentiellement dans le système nerveux central. 2° La difformité du crâne est une *conséquence* du développement incomplet de l'encéphale : il n'existe pas de microcéphalie primitive *ostéale*; elle est toujours *neurale*. 3° La microcéphalie ne se limite pas seulement au cerveau proprement dit : elle s'étend aux autres parties du système nerveux central; il existe une *microcéphalie* et une *micromyélie*. 4° La microcéphalie consiste en un arrêt de développement du système nerveux central survenu à diverses

---

(1) C. Giacomini. *Studio anatomico della microcefalia. I cervelli dei microcefali.* Istituto anat di Torino, 1890.

époques de la vie embryonnaire. 5° Le système nerveux des microcéphales ne présente pas d'altérations pathologiques qui puissent être rapportées à l'arrêt de développement. 6° Les *cerveaux des microcéphales appartiennent tous au type humain*; ils diffèrent entre eux suivant l'époque à laquelle ils furent frappés d'arrêt de développement; ils forment une série complète, qui s'étend du cerveau normal de l'adulte à l'anencéphale. 7° Dans la conformation de la surface du cerveau des microcéphales, outre les signes d'arrêt de développement, on trouve, dans la microcéphalie profonde, d'autres dispositions constituant de vraies ressemblances animales et ne pouvant être interprétées que comme des faits d'atavisme. 8° La microcéphalie ne peut être invoquée en faveur de la théorie de la descendance, car *elle ne représente aucune période historique du développement de l'homme* (1). »

Il résulte des recherches anatomiques exécutées par L. PFLEGER et A. PILCZ (2) sur la collection de crânes et de cerveaux d'idiots de l'Institut d'OBERSTEINER, où se trouvent plusieurs beaux exemplaires de microcéphalie, ainsi d'ailleurs que de toute la littérature sur ce sujet, que rien n'atteste jusqu'ici que l'arrêt de développement du cerveau, dans la microcéphalie, soit dû à un obstacle du côté du crâne. Le trouble primitif, d'une manière générale, doit toujours être cherché dans le cerveau (arrêt de croissance, malformations), si bien que les mots de GIACOMINI (1890), dans sa célèbre monographie, demeurent vrais : *non osteale, ma neurale microcefalia.* Depuis 1890, depuis les travaux de GIACOMINI et de MARCHAND (3), il n'a point paru de mémoire plus complet sur ce sujet que celui de PFLEGER et de PILCZ. Les anomalies observées dans les cerveaux de microcéphales par PFLEGER et PILCZ sont groupés sous trois chefs :

---

(1) Cf. outre les travaux d'AEBY, de BISCHOFF, de JOHN MARSHALL, de LOMBROSO, sur la microcéphalie et sur la théorie de CARL VOGT, WILLIAM W. IRELAND, *Idiocy and Imbecility*. Lond., 1877, ch. VI. *Microcephalic Idiocy*. — EDM. DUCATTE. *La microcéphalie au point de vue de l'atavisme*. Paris, 1880. — F. SCHOLTZ. *Handbuch der Irrenheilkunde*, 1890, 64 sq. — BOURNEVILLE. *Recherches cliniques... sur l'épilepsie, l'hystérie et l'idiotie*. Paris, I-XVI (1880-1896). *Bibliothèque d'Education spéciale*. Paris, I-V (1891-1896). Relativement à l'opération de la crâniectomie et à la prétendue liberté rendue ainsi au cerveau dans les cas où l'idiotie doit être attribuée à un arrêt de développement des circonvolutions cérébrales (microcéphalie congénitale), BOURNEVILLE a rappelé que, sur 470 calottes crâniennes rassemblées au Musée de Bicêtre, 6 seulement sont le siège d'une synostose partielle prématurée (1896).

(2) L. PFLEGER u. A. PILCZ. *Beiträge zur Lehre von der Mikrocephalie*. Jahrbücher f. Psych. u. Neurol., XVI, 1897, 76-164.

(3) Cf. F. MARCHAND. *Beschreibung dreier Mikrocephalengehirne nebst Vorstudien zur Anatomie der Mikrocephalie*. Nova Acta der ksl. Leop. Carol. Deutsche Akad. d. Naturf. Bd. LIII (1889) LV (1890).

I. — Persistance d'états embryonnaires et théroïdes. Quant à la question de la troisième circonvolution frontale (F_3) chez les microcéphales, Bischoff avait soutenu que cette circonvolution était toujours très rudimentaire. Aeby démontra que, si les parties de F_3 sont souvent ici méconnaissables, à cause des anomalies de tout genre de la scissure de Sylvius, cette circonvolution pourtant existe toujours. Tous les auteurs postérieurs, à l'exception de Rüdinger, ont partagé cette opinion. Pfleger et Pilcz n'ont jamais constaté d'état rudimentaire *in toto* de F_3.

II. — Scissures et circonvolutions entièrement atypiques et irrégulières, ne correspondant ni à une période quelconque de la vie intrautérine, ni à la forme d'un cerveau quelconque de mammifère.

III. — État particulier des scissures auquel Benedikt a le premier donné le nom de « type confluent ».

Quelle est la nature et l'étiologie de la microcéphalie ? Avec Giacomini, Marchand et beaucoup d'autres, Pfleger et Pilcz estiment qu'il s'agit bien d'un trouble de développement dans la croissance du cerveau qui peut s'être produit aux périodes les plus différentes de la vie intra-utérine ; mais ils ne connaissent pas plus la nature que la cause de ce trouble. Aucune des explications les plus connues, Vogt (1867), Jensen (1880), Sapolini (1870), Cunningham (1895), Mingazzini (1895) n'éclaire la pathogénie de cette malformation d'autant plus énigmatique qu'elle n'est presque jamais associée à des malformations d'autres parties du corps, et que, dans le système nerveux central, elle n'affecte surtout, sinon exclusivement, que le cerveau. L'hypothèse de Schaeffer est inapplicable à l'étiologie de la microcéphalie : elle attribue la porencéphalie typique à un arrêt primitif de développement de l'aile du sphénoïde, d'où résulterait une sphénokrotaphie correspondante, anomalie crânienne par arrêt de développement qui remonterait aux premières périodes de la vie embryonnaire et déterminerait un arrêt de ces parties mêmes du cerveau (insula, lobes temporal et frontal) qui sont souvent, chez les microcéphales, le siège d'anomalies bien connues des circonvolutions, microgyrie, aspect fœtal de l'insula et de la fosse de Sylvius.

Voici, dans l'état actuel des connaissances, ce qu'on peut dire à ce sujet, suivant Pfleger et Pilcz :

La microcéphalie est un trouble de croissance du cerveau et du crâne. On ignore la nature et la cause de ce trouble. Toutefois les anomalies si variées et si graves du cerveau, comparées à celles du crâne, souvent peu importantes, témoignent que ce trouble de nature inconnue affecte primitivement l'encéphale, de sorte que ce n'est que par arrêt de croissance de cet organe que le crâne subit secondairement un effet du même genre dans son développement. Ce qui le prouve, c'est que, dans la plupart des cas, la réduction de volume du crâne n'est en aucun rapport avec la petitesse du cerveau ; en d'autres termes, dans la plupart des cas, la micrencéphalie est plus prononcée que la microcéphalie coexistante. Très souvent, à considérer les mesures de capacité et de circonférence du crâne, on s'attendrait à trouver un cerveau d'un poids plus élevé que ce n'est le cas. On est donc conduit à supposer qu'il s'agit peut-être, dans la microcéphalie, d'un *hydrocephalus externus dû à une périencéphalite fœtale,* ayant déterminé un arrêt primitif de développement du cerveau, alors que le crâne aurait encore pu continuer à croître, si bien que ce n'aurait été que plus tard, après résorption partielle du liquide épanché, que le crâne ou se serait lui aussi arrêté ou aurait encore subi une réduction directe de volume pendant la vie intra-utérine.

L'arrêt de la croissance du cerveau est si peu l'effet des petites dimen-

sions du crâne dans la microcéphalie qu'il est extraordinairement rare de rencontrer une synostose précoce des sutures : dans l'immense majorité des cas les sutures ne sont pas ossifiées. A ce propos d'ailleurs MARCHAND a fait cette remarque très juste : l'aspect de l'insula et du corps calleux, etc. témoigne que la microcéphalie apparait à une période où le développement osseux de la boite crânienne ne peut être achevé. La considération de ces faits d'anatomie pathologique indique assez ce qu'on peut attendre de l'intervention chirurgicale dans une pareille affection; avec BOURNEVILLE et la grande majorité des cliniciens, PFLEGER et PILCZ s'associent au jugement porté par KRÄPELIN sur la crâniectomie dans la microcéphalie.

Chez les idiots, G. MIRTO a trouvé des altérations qualitatives et quantitatives des fibres nerveuses : il admet un arrêt de développement des nerfs des organes centraux et périphériques entraînant une myélinisation incomplète. Ce défaut de myélinisation, qui frappe plus ou moins chez certains de ces êtres humains tout le système nerveux, MIRTO, s'inspirant des doctrines de MARINESCO et de GOLDSCHEIDER, l'attribue au trophisme anormal dont les différents ordres de neurones doivent souffrir chez les idiots du fait de l'inertie fonctionnelle des organes, la nutrition normale des centres nerveux étant étroitement liée à la continuité et à l'intensité physiologiques des *stimuli* biologiques. Le défaut de myélinisation des fibres nerveuses serait donc, dans cette hypothèse, l'expression anatomique de l'absence ou de l'insuffisance d'excitations nécessaires à la nutrition normale des neurones. De même pour les muscles : la diminution de l'excitabilité électrique neuro-musculaire de l'idiot résulterait d'un arrêt de développement des fibres nerveuses et des fibres musculaires. L'analgésie électrique a ici frappé MIRTO : sur seize idiots, une dizaine ont pu supporter sans réagir par aucun signe de douleur des courants électriques continus de 10-15-25 m. A. ; des courants induits très forts, voire d'intensité considérable, n'ont provoqué aucune sensation pénible. La fonction de la myéline est certes encore fort discutée : on admet généralement qu'elle sert à protéger le cylindraxe ; RANVIER enseigne que la gaine de myeline est un *isolateur*, se fondant en particulier sur le fait que les fibres de l'organe électrique de la torpille sont toutes myélinisées. ERB, au contraire, a vu, dans les paralysies périphériques, que la motilité volontaire se transmettait encore dans des fibres dont la myéline était en voie de degénérescence, tandis que la contractilité électrique était diminuee : il en conclut que la volonté passait par le cylindraxe, le stimulus electrique par la myéline. Il faut naturellement admettre, avec KÜHNE et STEINER, que l'unique instrument de transmission est le *cylindraxe*. Sur des nouveau-nes, BECHTEREW a noté, dans des expériences connues, que la

zone motrice ne devenait excitable qu'au moment de la myélinisation des fibres. Westphal a aussi constaté, comme le rappelle Mirto, que dans les nerfs périphériques la fibre nerveuse acquiert ses fonctions régulières de conductibilité au fur et à mesure que progresse sa myélinisation: « Appuyé sur ces faits, il nous semble naturel d'admettre qu'un désordre existant dans un processus biologique aussi important que celui de la myélinisation de la fibre nerveuse, peut expliquer les altérations de fonction qu'on y rencontre (1). »

Les anciennes descriptions de l'écorce cérébrale, le type à 3 couches de Kölliker, le type à 6 couches de Baillarger, reposaient surtout sur des recherches macroscopiques. Les premières descriptions exactes de la fine structure anatomique de l'écorce sont dues à Berlin (1858), à Arndt (1867) et à Meynert (1867-72). On connaît le type à 5 couches de Meynert. A partir de la moitié inférieure environ de la 3e couche, des fibres nerveuses se rassemblent en faisceaux distincts sous forme d'irradiation (fibres radiaires); les cellules apparaissent disposées en séries parallèles.

Le premier observateur qui attira l'attention sur la couche de grandes cellules pyramidales située au-dessous de la 3e couche de Meynert, fut Betz, qui, d'ailleurs, ainsi que Mierzejewski, suivit la description du grand anatomiste de Vienne. Bevan Lewis décrivit ces cellules d'une façon spéciale et les considéra comme un élément intégrant de la 4e couche : plus grandes que celles de la 3e couche, mais plus petites que les cellules géantes, auxquelles elles sont *homologues*, ces cellules sont en général disposées en une série simple, et séparées par des espaces plus ou moins larges, de sorte qu'elles forment souvent une couche distincte. Aussi Bevan Lewis crut-il devoir constituer un type d'écorce cérébrale à six couches, qui se distingue de celui de Meynert par la présence, dans la 4e couche, d'une couche de cellules pyramidales (*ganglionic cells*. de Bevan Lewis), (*Ganglienzellenschicht* de C. Hammarberg). Gowers suit la description de Bevan Lewis. Dans sa description de l'écorce en territoires différents, Betz a maintenu l'existence de ces cellules dans la 4e couche et les a décrites en certaines régions comme formant une couche distincte. Golgi, qui a institué un type à trois couches, considère aussi ces cellules comme des éléments caractéristiques d'une partie considérable de l'écorce. Schwalbe, en son type commun de l'écorce, a partagé celle-ci en deux grandes zones principales, externe et interne, que sépare la strie de Baillarger. La *zone interne*, contenant les faisceaux radiés ascendants est formée de deux couches : 1° couche des petites cellules nerveuses (= 4e et 5e couche du type de Meynert) ; 2° couche des grandes cellules pyramidales (= partie profonde de la 3e couche de Meynert). La *zone externe* est divisée : 1° en une couche inférieure, formée de petites cellules pyramidales (= partie supérieure de la 3e couche de Meynert et de sa 2e couche) ; et 2° en une couche supérieure, où les cellules sont rares (= 1re couche de Meynert). Les auteurs postérieurs de manuels ont ou à peu près ou complètement laissé de côté les grandes cellules pyramidales situées au-dessous de la troisième couche,

---

(1) Girol. Mirto. *L'eccitabilità elettrica dei nervi e dei muscoli degl' idioti con riscontro anatomico.* Riv. speriment. di fren., XXI, 1895, 249 sq.

ou bien ils les ont décrites comme appartenant à une autre couche de l'écorce qu'à la *quatrième* couche. Schäfer, dans l'*Anatomie* de Quain, a aussi oublié les cellules pyramidales de la quatrième et de la cinquième couche, encore qu'il rappelle que la partie profonde de la 3e couche a été quelquefois décrite comme une couche spéciale. La description d'Obersteiner s'accorde en général avec celle de Meynert, mais il ne parle pas des cellules pyramidales de la cinquième couche décrites par Meynert ; il mentionne bien celles de la quatrième couche, mais sans dire qu'elles pourraient constituer une couche spéciale.

On aurait quelque raison légitime, suivant Hammarberg, lorsqu'on décrit la structure générale de l'écorce du cerveau, de constituer deux types, l'un *moteur,* l'autre *sensitif* ; celui-ci en particulier serait caractérisé par une quatrième couche bien développée, avec une strate de grosses cellules pyramidales située entre cette quatrième couche et la cinquième couche. « Mais, comme l'écorce, lorsqu'on l'étudie de plus près, présente une composition différente dans les divers territoires de ces deux régions, soit que la *composition,* la *disposition,* le *nombre* des cellules varient dans les différentes couches, soit qu'on note encore d'autres variétés dans la *disposition,* la *forme* et la *grandeur* de ces éléments entre eux, il vaut mieux laisser là la constitution d'un *type commun* de l'écorce cérébrale, et en décrire séparément les divers territoires, différant les uns des autres quant à la structure, si l'on veut présenter une exposition complète et exacte de l'anatomie de l'écorce cérébrale ». C'est ce qu'a fait Carl Hammarberg pour chaque lobe et pour chaque pli ou circonvolution du manteau.

Quant à la nature des altérations anatomiques de l'écorce dans l'idiotie qu'on trouve dans les descriptions des auteurs, Hammarberg a présenté dans son grand ouvrage (1) quelques observations critiques qui méritent d'être méditées. Et d'abord relativement à la dilatation des espaces péricellulaires et périvasculaires qui existeraient, soit en suite d'une stase dans les voies lymphatiques, soit par l'effet d'une atrophie des cellules nerveuses, il n'a vu, dans aucun des neuf cas qu'il publie, d'altérations de ce genre qui ne fussent réductibles à des processus de ratatinement de la cellule dus aux modes de durcissement des préparations dans le liquide de Müller ou dans l'alcool absolu : ce sont des phénomènes que présentent aussi bien les cerveaux d'individus normaux que ceux d'idiots.

Les auteurs ont aussi rapporté que la disposition des cellules pyra-

---

(1) Carl Hammarberg. *Studien über Klinik und Pathologie der Idiotie nebst Untersuchungen über die normale Anatomie der Hirnrinde.* Mit sieben Tafeln. Nach dem Tode des Verfassers aus dem schwedischen übersetzt von Walter Berger und herausgegeben von Prof. Dr S. E. Henschen. Upsala, 1895.

midales est souvent anormale dans l'écorce cérébrale des idiots ; que, par exemple, les prolongements dendritiques sont orientés dans une direction diamétralement contraire à la normale, etc. Ces données, pour HAMMARBERG, dérivent souvent d'une observation défectueuse : « Ce n'est point d'ailleurs un fait extraordinaire de rencontrer dans une écorce cérébrale complètement normale des cellules pyramidales dont le plus long diamètre s'étend horizontalement tandis que le prolongement cylindraxyle se recourbe vers la surface de l'écorce. Il y a un territoire de l'écorce cérébrale, le *gyrus frontalis inferior* (F_3), dans lequel à l'état normal les cellules sont disposées par groupes où elles s'inclinent et se penchent de telle sorte les unes sur les autres que leurs prolongements s'entrecroisent en différentes directions. De même, aussi à l'état normal, dans un autre territoire du manteau, le *gyrus hippocampi.* » Dans aucun des cerveaux d'idiots examinés par HAMMARBERG cette disposition des cellules n'était plus accusée que dans les cerveaux d'individus normaux.

Une autre remarque qui n'est pas d'une moins haute portée. Alors que dans la plupart des observations d'anatomie pathologique de l'idiotie qui ont été publiées, on a noté des altérations cellulaires consistant en atrophie, vacuolisation, dégénération pigmentaire, HAMMARBERG n'a rencontré que dans un seul de ses neuf cas une dégénération proprement dite des cellules nerveuses : « Il est certain que des cellules arrêtées dans leur développement ont souvent été prises pour des cellules atrophiées, surtout lorsqu'en même temps s'étaient formés des espaces péricellulaires par le fait des procédés de durcissement. » Ces lésions et d'autres semblables qui ont été considérées comme caractéristiques de l'écorce du cerveau dans l'idiotie, ne sont que d'importance tout à fait secondaire. Ce qui est plus important, ce qui détermine directement les lésions de déficit de l'intelligence chez les idiots, ce sont les altérations, également de déficit, des cellules nerveuses de l'écorce dont les fonctions ou n'existent pas sur certains territoires plus ou moins étendus, ou ont été frappées d'arrêt, dans ces régions, soit à un stade embryonnaire, soit dans les premiers mois de la première année, ou sont demeurées faibles et invalides sur le reste de la corticalité à la suite d'une cause d'arrêt quelconque de l'évolution normale du cerveau.

Les recherches n'ont pas manqué qui s'étaient proposé de rattacher les symptômes *cliniques* aux processus *pathologiques* du cerveau dans l'idiotie : l'attention se porta d'abord sur la grosseur, la forme et l'aspect macroscopique de cet organe. Mais on constata que les symptômes cliniques les plus différents peuvent se montrer avec une même lésion ou malformation du cerveau. Dans ces derniers temps on s'est de plus en plus appliqué à connaître les altérations anatomiques de l'écorce cérébrale

dans l'idiotie : ces études microscopiques ont eu surtout pour objet la forme et la nature, les dimensions et la situation relative des éléments de l'écorce ; mais celle-ci a été considérée dans son ensemble, comme un tout uniforme. Encore que les auteurs aient noté le degré ou la nature différente des lésions locales, il n'existait pas encore d'examen approfondi, pratiqué à l'aide des nouveaux procédés de technique histologique, de l'écorce cérébrale dans l'idiotie. Il fallait commencer par connaître les différences de structure de l'écorce normale, en particulier quant au nombre et à la morphologie des éléments anatomiques des différentes couches des lobes du cerveau. Cette préparation nécessaire, Hammarberg l'a menée à bonne fin dans les deux permières parties de son livre (1) ; la troisième est consacrée à la mise en œuvre des matériaux si précieux qu'il a recueillis sur la clinique et l'anatomie pathologique de l'idiotie.

Naturellement la méthode et les résultats d'une telle étude ont une portée générale, et c'est toute la science de la structure et de la physiologie pathologique du cerveau qui peut être ainsi renouvelée dans l'avenir. Dès aujourd'hui, l'histoire suivante, abrégée, d'un seul cas d'arrêt de développement du cerveau, dans une observation d'idiotie profonde, montrera, non seulement quelles sont les conditions désormais nécessaires d'une pareille enquête, mais le degré de sûreté et de généralité des inductions scientifiques auquel il est ainsi possible de parvenir touchant les rapports des fonctions et des organes de l'encéphale humain.

Adolf Olsson, 22 mois, né le 25 mars 1890, mort de *pneumonia acuta*. Pas de maladies nerveuses ou mentales chez les parents. Les deux grands-parents alcooliques. Père et mère cousins germains. Le malade fut le troisième enfant ; accouchement normal et facile. Le développement du corps de l'enfant fut normal à tous égards, ainsi que sa santé ; il prenait le sein, mais sans donner aucun signe du sentiment de la faim ou de la satiété. Il ne put être sevré, car il ne savait pas déglutir lorsqu'on lui présentait du lait dans une cuiller. Constamment tranquille, pendant la première année, il restait là où on le mettait, n'exécutant aucun mouvement spontané et dormant constamment. Les *fonctions psychiques* supérieures faisaient totalement défaut. Quant au langage, il n'articula jamais un seul mot.

Nerfs crâniens. — I. *Olfaction*. Point de renseignement. — II. *Vision*. Il aurait suivi des yeux la flamme d'une lumière, à droite ou à gauche. Les mouvements coordonnés des yeux et la fixation d'objets brillants et colorés n'apparurent que vers l'âge de 1 an et demi ; point de prédilection notée pour telle ou telle couleur. Il ne suivait pas du regard les personnes et n'apprit jamais à connaître son père ni sa mère. — III, IV, VI. Pupilles grandes, égales, très mobiles, changeant de forme quand l'enfant était effrayé ou si son attention était attirée par quelque objet. Pas de nystagmus. — V, VII. Ni paralysie, ni dysesthésie

(1) I. *Les méthodes* (p. 2-8) ; II. *Disposition, nombre, dimension et structure des cellules dans les différentes couches de l'écorce cérébrale normale* (p. 9-37) ; III. *Clinique et pathologie de l'idiotie*. Coloration au bleu de méthylène.

de la face. — VIII. *Audition.* Très développée relativement aux autres sens. L'enfant réagissait au moindre bruit de la chambre, soit par des cris, soit en tournant les yeux ou par la dilatation des pupilles. Il était particulièrement sensible aux dissonances ; la musique et le chant le calmaient aussitôt lorsqu'il était agité ou criait. Ainsi le bruit de la lime dont la mère devait se servir pour son métier le torturait au point qu'il devait être porté dans une autre chambre ou chez un voisin. Lorsque, la nuit, l'enfant criait, il s'apaisait d'ordinaire dès qu'il entendait de la musique, et son père raconte qu'il tenait toujours à sa portée, la nuit, une guitare, et qu'aux premiers accords de l'instrument l'enfant redevenait aussitôt calme. — IX. *Goût.* Il préferait le lait sucré à la bouillie, à laquelle sa mère avait tenté plusieurs fois de l'habituer ; il distinguait le lait sucré du lait qui ne l'était pas ; de même pour le lait bouilli.

Sensibilité. — Un contact tant soit peu dur, la moindre irritation, le faisait crier. Un jour que sa mère ne pouvait parvenir à l'apaiser et à faire cesser ses cris, elle finit par découvrir une piqûre de puce sur le corps de l'enfant ; dès qu'il fut délivré de cette cause d'irritation, il redevint tranquille. Il distinguait le lait froid du lait chaud. Lorsqu'on le prenait, il dirigeait ses yeux, on l'a souvent remarqué, vers le point du corps touché. Il ne paraît avoir eu aucune notion de la position de ses membres. Il demeurait étendu, sans malaise appréciable, dans les positions les plus anormales.

Motilité. — Il ne pouvait exécuter aucun mouvement volontaire d'une manière coordonnée ; les seuls mouvements spontanés consistaient à porter les mains en avant et en arrière et à lever la tête. Lorsqu'on essayait de l'asseoir sur son lit, il vacillait de tous les côtés ; il devait être soutenu. Lorsqu'on tenta de lui apprendre à marcher, il envoyait une jambe en avant, mais trébuchait aussitôt, un pied suspendu ; il fallut y renoncer. Il ne prenait pas l'objet qu'on lui présentait, et n'y faisait même aucun effort. Si l'objet était posé dans sa main, il l'y gardait et ne le lâchait pas de lui-même.

Il n'existait pas de troubles *trophiques* ; pas de mouvements athétosiques des doigts.

Les premières *convulsions* éclatèrent à l'âge de trois mois ; elles revenaient, la nuit, environ tous les quatorze jours ; elles étaient d'ordinaire provoquées par un *bruit* quelconque, et surtout, d'après le père, lorsque l'enfant était couché sur le côté gauche ; on n'a pu dire si les convulsions débutaient par une extrémité ou quelque autre point du corps : elles ne duraient que quelques minutes, et les convulsions cloniques qui terminaient l'accès étaient précédées d'un stade de rigidité tonique qui affectait, paraît-il, le corps entier. Quelques heures de profond sommeil suivaient l'attaque.

Autopsie. — Rien à noter du côté du crâne et de la dure-mère. Le cerveau durci dans l'esprit de vin mesurait 8,4 centimètres et pesait 142,5 grammes : hémisphère droit, 63 ; hémisphère gauche, 66 ; le pont et le cervelet, 11,5. Les lobes *temporaux* et *pariétaux* étaient relativement très développées au regard des lobes *frontaux* et surtout *occipitaux*, très petits.

Examen macroscopique. Hémisphère droit. — *Lobus frontalis. Gyrus centralis anterior* (FA). Cette circonvolution n'a pas d'existence propre et ne saurait être délimitée ni des autres circonvolutions frontales, ni du *gyrus centralis posterior* (PA). Le petit territoire cortical correspondant à cette circonvolution, en avant d'une scissure de Rolando (*fissura centralis*) à peine indiquée, est directement en rapport avec le *gyrus frontalis superior* (F_1) et *medius* (F_2) et se trouve séparé par un petit sillon du *gyrus frontalis inferior* (F_3). Elle ne s'étend pas jusqu'à la scissure de Sylvius : elle en est séparée par le gyrus ou pli qui représente ici les circonvolutions de l'*insula*. Sur la face interne du cerveau, la FA est limitée en bas par la scissure calloso-marginale et passe en avant, sans délimitation, dans le *gyrus frontalis superior* (F_1). Les trois F_1, F_2 et F_3, petites et

courtes, sont bien délimitées sur la convexité de l'hémisphère ; mais, sur la face orbitaire, l'écorce n'est pas différenciée en circonvolutions nettes ; sa surface unie est marquée de quelques incisures irrégulières et superficielles.

Lobus parietalis. — Il occupe plus de la moitié de la convexité de l'hémisphère. Le *gyrus centralis posterior* (PA) n'est représenté que par une petite circonvolution très peu nette : sur la face interne de l'hémisphère elle est limitée, en arrière et en bas, par la scissure calloso-marginale ; sur la face externe, elle est séparée de la scissure de Sylvius par la circonvolution représentant ici l'écorce de l'*insula*. Le *gyrus parietalis superior* (P_1) et l'*inferior* (P_2) sont bien développés : ils ne s'écartent pas de la normale, si ce n'est que P_2 est directement en continuité en avant avec la circonvolution de la convexité qui représente l'écorce de l'insula.

Lobus occipitalis. — Ce lobe est séparé du lobe pariétal par une profonde scissure, qui s'étend de la *margo falcata* jusqu'au bord externe du lobe temporal. C'est relativement le plus petit lobe de ce cerveau : on dirait une simple annexe. Le *gyrus occipitalis superior* (O_1), formé de petits plis sans reliefs, passe sans délimitations dans O_2. Sur la face interne, tout le *cuneus* est représenté, entre la scissure calcarine et la scissure occipitale interne, par une petite circonvolution de 8 millimètres de largeur. Les *gyrus occipitalis inferior* (O_3), *externus* et *internus*, sont un peu plus développés et bien délimités.

Lobus temporalis. — Ce lobe est relativement bien développé ; les dispositions et les limites de ses circonvolutions sont normales.

Lobus falciformis. — Bien développé.

Lobus centralis. — Point de *fossa Sylvii*. De la *scissure* de Sylvius, la branche postérieure existe seule d'une manière nette ; l'antérieur n'est qu'indiquée par une faible dépression. Point d'*insula* : ce lobe est représenté par une circonvolution située entre F_3, FA et PA, et T_1 ; elle se continue en arrière avec T_2. Cette circonvolution a une face externe, appartenant à la convexité, et une face postérieure et inférieure, enfoncée dans la branche postérieure de la scissure de Sylvius. Elle s'amincit en avant, et devant l'*uncus gyri hippocampi* elle passe dans l'écorce de la face orbitaire.

Hémisphère gauche. — L'écorce présente essentiellement les mêmes dispositions anatomiques qu'à droite.

Corps calleux. — De la région du *genou*, des lamelles rayonnent dans les hémisphères et, après avoir décrit un arc convexe, elles constituent une membrane qui forme le toit des ventricules latéraux ; sur la face interne, les fibres calleuses forment un bourrelet revêtu de substance grise qui passe au-dessous du *gyrus cinguli* et parallèlement. A la formation de ce bourrelet participe aussi un faisceau longitudinal qui s'étend par delà le corps calleux du lobe frontal au lobe occipital et envoie aussi des fibres au lobe temporal. Un grand *foramen* Monroi conduit, derrière les *columnae fornicis,* dans les ventricules latéraux, qui sont dilatés. Les *commissurae anterior* et *mollis* sont bien développées.

Ganglions centraux. Pont. Moelle allongée. Rien d'anormal macroscopiquement.

Cervelet. — Il est nettement plus petit qu'à l'état normal et apparaît comme un minuscule appendice du *pont* et de la *molle allongée,* si bien qu'on voit à découvert toute la moitié inférieure du 4[e] ventricule. Toutes les circonvolutions de cet organe arrêté dans son développement sont reconnaissables. Chaque hémisphère mesure dans le sens transversal 2,5 centimètres, vertical 1,5 centimètre, sagittal 2,2 centimètres ; le *vermis,* $0^m,5$ dans le sens sagittal, 0,7 dans le sens vertical.

Examen microscopique de l'écorce cérébrale. Lobus frontalis. — *Gyrus centralis anterior* (FA). La partie de cette circonvolution appartenant à la face interne de l'hémisphère est constituée par une couche de $0,30^{mm}$ d'épaisseur, sans cellules, et par une couche

de cellules pyramidales, de 1,5 millimètre d'épaisseur ; les cellules de cette couche sont très peu nombreuses, au nombre de 5 par $[0,1^{mm}]^3$, alors que, à deux ans, elles sont normalement au nombre de 25 dans la troisième couche. Elles possèdent un gros noyau environné d'un mince anneau de protoplasma finement granuleux ; leur forme est arrondie, piriforme ; les prolongements sont fins et indistincts. Ces cellules, très petites, ne mesurent que 8–10 μ de largeur. Dans la région la plus profonde de la couche, il existe d'autres cellules encore, fusiformes, mesurant 16 μ × 48 μ, pourvues également de gros noyaux, d'un protoplasma finement granuleux et de deux prolongements épais verticaux : très rares, elles sont séparées par des espaces de plusieurs millimètres. Il n'existe pas de couche distincte de cellules fusiformes : dans la substance blanche au-dessous de la couche des pyramides, se trouvent seulement, isolées, des cellules piriformes ou fusiformes, de 8-10 μ × 15-20 μ.

Sur la partie de FA appartenant à la convexité, les cellules ont les mêmes dimensions et la même nature ; mais, plus on descend, plus nombreuses se montrent les cellules de la région de la couche des cellules fusiformes : elles constituent ainsi, au milieu de cette circonvolution, une couche bien distincte d'une épaisseur de $0,40^{mm}$, formée de petites cellules fusiformes larges de 3-4 μ. On n'y trouve point les grandes cellules fusiformes décrites plus haut. En revanche, toutes les cellules occupant le fond de la couche des pyramides sont un peu plus grosses et de forme plus pyramidale que dans la moitié supérieure.

Le *gyrus frontalis superior* (F_1) ressemble à la partie supérieure de FA. Plus on approche de la pointe de cette circonvolution, plus les cellules de la couche des fusiformes augmentent en nombre, en même temps qu'apparaissent de petites cellules, pyramidales et irrégulières, de 2-3 μ, entre les cellules pyramidales, indiquant une 4e couche. Ce n'est que dans la moitié postérieure de F_1 qu'on trouve quelques grosses cellules fusiformes au fond de la couche des pyramides. Dans les parties antérieures de cette circonvolution et dans celles qui appartiennent à la face orbitaire, les cellules profondes de la couche des pyramides ont pris une forme plus pyramidale et sont un peu plus grandes que les autres cellules pyramidales ; elles mesurent 12 μ × 18 μ.

Gyrus frontalis medius (F_2). Cette circonvolution ressemble à la moitié antérieure de F_1.

Gyrus frontalis inferior (F_3). La moitié postérieure de cette circonvolution sur la face externe présente la même structure que la partie supérieure de FA, mais elle possède, en outre, une couche de cellules fusiformes distincte et assez bien développée. La *moitié antérieure* et la *partie orbitaire* ressemblent à F_2. Les cellules profondes de la couche des pyramides de même que celles de la couche des *ganglionic cells* de Bevan Lewis sont toutefois ici un peu plus grandes (12-14 μ × 20-25 μ) et la 4e couche est bien nette.

Dans toutes les circonvolutions frontales existent, aussi bien dans l'écorce que dans la substance blanche, des *cellules rondes*, ressemblant aux corpuscules blancs du sang, mais un peu plus petites. La substance de soutènement apparaît peut-être un peu plus dense qu'à l'état normal ; le nombre des vaisseaux, surtout des *capillaires de l'écorce*, est augmenté. Point d'altération des parois vasculaires. La *couche des fibres zonales ou tangentielles* (couche des fibrilles d'association) de la *première couche de l'écorce* est *moins développée* qu'à l'état normal.

Lobus parietalis. — Le *gyrus centralis posterior* (PA) présente une stratification normale de l'écorce. Toutes les cellules sont plus petites que normalement et les cellules pyramidales ne dépassent pas 10 μ de largeur. Ces cellules concordent avec celles de FA aussi bien quant au nombre que relativement à la grandeur, à la forme et à la structure. Les cellules profondes de la couche des cellules pyramidales et celles de la couche des *ganglionic cells* sont plus grandes que les autres : elles mesurent 12-15 μ.

Dans le *gyrus parietalis superior* (P_1), toutes les cellules de la couche des pyramides sont un peu plus grosses et sont d'une forme plus pyramidale. Les cellules les plus profondes, de même que celles de la couche de Bevan Lewis, atteignent une grandeur de 14-16 $\mu \times$ 20-25 μ. La couche des cellules fusiformes est formée de larges cellules, pressées, mesurant 10-12 $\mu \times$ 25 μ et au nombre de 15 par $[0,1^{mm}]^3$; elles sont au nombre de 22 chez l'enfant normal de deux ans.

Gyrus parietalis inferior (P_2) : l'écorce est ici formée de deux couches seulement, l'une superficielle, sans cellules, l'autre profonde, consistant en petites cellules de 8 à 10 μ de grosseur de même nature que celle déjà décrite dans FA ; elles sont extrêmement peu nombreuses, et leur quantité est d'environ 1/5 du nombre ordinaire ; elles ont toutes la même grandeur. Dans la substance blanche, sous la couche de cellules, quelques petites cellules fusiformes isolées. Les éléments ronds signalés déjà se trouvent en petit nombre dans l'écorce et dans la substance blanche de ce lobe. La substance de soutènement paraît un peu plus dense que normalement dans la région inférieure du lobe. Le nombre des vaisseaux est aussi augmenté ; les parois vasculaires ne sont pas épaissies. La couche des fibres d'association (fibres tangentielles) est moins développée qu'à l'état normal.

Lobus occipitalis. — Le *gyrus occipitalis superior* O_1 de la *convexité*, de même que O_3, présentent la même structure que P_1, quoique la couche des cellules fusiformes s'y trouve un peu plus développée. La partie de ce lobe appartenant à la *face interne* ainsi qu'à la *pointe* est formée de cellules nerveuses extrêmement petites, de forme pyramidale, mesurant de 3 $\mu \times$ 5-6 μ, constituant une couche importante, interrompue par une couche intermédiaire plus pauvre en cellules formée de quelques cellules volumineuses et irrégulières, où se rencontrent, isolées et extrêmement rares, des cellules plus grosses encore. La couche des cellules fusiformes est ici peu développée ; elle n'est représentée que par quelques cellules de cette sorte dans la substance blanche. Le *gyrus occipitalis inferior internus* a la même structure dans la partie voisine de la scissure calcarine. Mêmes remarques que pour les lobes précédents quant aux cellules rondes, à la substance de soutènement, ici plus dense à la face interne, au nombre des vaisseaux et à l'épaisseur de la couche des fibres tangentielles.

Lobus temporalis. — Ce lobe, où la disposition des couches de l'écorce est normale, est caractérisé ici par la longueur des cellules pyramidales. Dans la partie profonde de la couche des cellules pyramidales et dans celle des cellules de Bevan Lewis, elles ont pris la forme fusiforme et mesurent en largeur 10 μ et en longueur 50-100 μ. Il existe plusieurs formes de transition. Ces cellules, en assez grand nombre, ont un gros noyau de la forme de la cellule et un protoplasma finement reticulé, un très puissant prolongement nerveux, un prolongement basal très net avec quelques fines collatérales. La couche des cellules fusiformes est relativement bien développée et composée de cellules mesurant 6-8 $\mu \times$ 15 μ. Les grandes cellules qu'on vient de décrire abondent surtout dans la moitié *antérieure* de T_1 et T_2 ; en arrière, elles diminuent de nombre et de volume. Les petits éléments cellulaires ronds sont rares dans l'écorce et dans la substance blanche de tout ce lobe. La substance de soutènement est peut-être un peu plus dense et le nombre des vaisseaux un peu plus grand que dans les cerveaux normaux. La quantité des fibres nerveuses n'est pas notablement diminuée.

Lobus falciformis. — Le *gyrus hippocampi* ne présente rien d'anormal, si ce n'est que le nombre des cellules est plus petit qu'à l'état normal. Les cellules du *gyrus cinguli*, ici toutes également grandes, sont disposées en une seule couche : elles ressemblent aux cellules pyramidales de FA, tout en les dépassant un peu en grandeur. De petits éléments cellulaires ronds sont parsemés dans l'écorce et dans la substance blanche ; la substance de

soutènement paraît normale ; le nombre des vaisseaux est augmenté : celui des fibres nerveuses semble normal.

Lobus centralis. — L'écorce des circonvolutions qui remplacent dans ce cerveau l'écorce de l'insula offre la même structure que celle de la partie orbitaire de F_3, si ce n'est que les cellules pyramidales profondes ne sont pas plus grandes ici que les autres.

Ganglions centraux. — Ils ne présentent rien d'anormal, non plus que les noyaux du *pont* et de la *moelle allongée*.

Cervelet. — Dans les *hémisphères* et dans le *vermis*, les cellules de la couche des grains sont aussi fortement réduites en nombre que celles de la couche des cellules de Purkinje ; sur plusieurs points on ne trouve point une seule cellule nerveuse dans la circonvolution. Les cellules que l'on y voit sont normales d'aspect et de volume. La lamelle de substance blanche est notablement plus mince que d'ordinaire dans les circonvolutions où les cellules font défaut sur de vastes étendues. On retrouve enfin dans le cervelet, quoiqu'en plus petite quantité, les éléments cellulaires ronds déjà souvent signalés.

Épicrise. — Résumé des symptomes cliniques observés dans ce cas : *compréhension* du monde extérieur au plus haut point incomplète ou presque absente. — Les *fonctions psychiques supérieures* manquaient tout à fait. — L'enfant ne *parlait* pas. — Le *sens de la vue*, au plus haut degré incomplet, ne possédait qu'une faible perception. — Le *sens de l'ouïe*, relativement bien développé, était sensible aux dissonances. — Le *sens du goût* et la *sensibilité générale* étaient relativement bien développés ; le sens musculaire n'était pas développé. — Point de *mouvements coordonnés* du tronc ou des membres. Force musculaire plus faible que normalement. Point de parésies partielles. Attaques épileptiformes.

Les altérations anatomo-pathologiques peuvent être résumées comme suit :

Le *cerveau* beaucoup plus petit que normalement.

Lobes *frontal* et *occipital* faiblement développés relativement aux autres lobes.

L'*insula* de Reil faisait défaut : l'écorce en était représentée par deux circonvolutions accessoires sur la convexité.

Les *circonvolutions centrales* vaguement délimitées. Une scissure profonde séparait le lobe pariétal du lobe occipital.

Corps calleux rudimentaire. *Ventricules latéraux* dilatés.

Cervelet : beaucoup plus petit que normalement, et absolument et par rapport au cerveau.

L'écorce du *lobe frontal* était la moins développée. Dans toute la partie appartenant à la face interne et dans la moitié supérieure de la face externe de FA, avec les parties limitrophes des circonvolutions frontales, les cellules étaient *disposées* en une seule couche. Quant à la *forme*, elles ressemblaient aux cellules d'un fœtus de cinq mois. Pour le *volume*, elles étaient plus grandes que ces dernières, mais plus petites que normalement. Leur *nombre* n'égalait que 1/5 des cellules normales. Relativement à la *structure*, elles avaient de plus gros noyaux et moins de protoplasma, des prolongements moins nombreux et moins forts. Entre les cellules les plus profondément situées dans l'écorce, quelques grandes cellules fusiformes volumineuses, représentant des cellules géantes non développées, se rencontraient isolées et en petit nombre. Dans les autres parties du *lobe frontal*, de même que dans les circonvolutions représentant ici l'insula, l'écorce était semblable, si ce n'est qu'on trouvait une couche de cellules fusiformes assez pauvre, que les grandes cellules fusiformes manquaient, et que les cellules pyramidales les plus profondes étaient un peu plus volumineuses et d'une forme correspondante plus accusée. A la partie antérieure du *lobe frontal* ainsi que sur la *face orbitaire* on distinguait plus ou moins nettement quatre couches.

Dans le *lobe pariétal*, l'écorce était un peu plus développée.

Dans PA et P_1 la *disposition* des cellules était normale. Quant à la *forme*, à la *grandeur*, à la *structure* et au *nombre*, ce qui a été dit des cellules non développées du lobe frontal leur est applicable. Au fond de la troisième couche et dans la couche des cellules de Bevan Lewis on rencontrait en outre des cellules pyramidales plus volumineuses et mieux formées. L'écorce de P_2 avait la même structure que l'écorce la moins développée du lobe frontal.

Dans le *lobe occipital*, l'écorce de la face externe aussi bien que celle du *gyrus occipitalis inferior internus* présentaient la même structure que celle de la partie antérieure du lobe pariétal, quoique la couche des cellules fusiformes y fût un peu plus forte. L'écorce de la face interne avait à peu près un nombre normal de petites cellules dont le volume était un peu inférieur à la normale. Les grandes cellules pyramidales des couches intermédiaires, pauvres en cellules, étaient beaucoup moins nombreuses et de plus petit volume que d'ordinaire.

Le *lobe temporal* était plus développé que les autres lobes. Les différentes couches de l'écorce présentaient une disposition et une composition normales ; mais les cellules profondes de la 3[e] couche et toutes les cellules de la couche de Bevan Lewis consistaient en longs et minces fuseaux à gros noyaux et à cytoplasma finement réticulé, en nombre normal.

Dans le *lobe falciforme*, le *gyrus hippocampi* était normal, encore que le nombre des cellules fût plus petit. L'écorce du *gyrus cinguli* ressemblait à l'écorce la moins développée du lobe frontal, mais les cellules y étaient un peu plus volumineuses.

Partout, dans l'écorce aussi bien que dans la substance blanche, on rencontrait des *cellules rondes*, rappelant les corpuscules blancs du sang, en plus grande quantité dans le lobe frontal, très clairsemées dans le lobe temporal. La *substance de soutènement* était en général un peu plus dense que normalement et le nombre des *vaisseaux* augmenté, mais ces deux particularités anatomiques étaient le moins sensibles dans le lobe temporal. La *zone de fibres d'association* ou *tangentielles* de la première couche était, toujours à l'exception du lobe temporal, moins développée qu'à l'état normal et tout spécialement dans la partie postérieure du lobe frontal.

Dans le *cervelet* enfin le nombre des cellules de Purkinje et des grains était inférieur à la normale, aussi bien dans le *vermis* que dans les hémisphères.

Diagnostic. — La conscience au plus haut point rudimentaire du monde que possédait cet être ainsi que l'absence des fonctions psychiques autorisent à le classer parmi les formes les plus basses de l'idiotie. Quant aux *lésions* ou *altérations pathologiques*, c'est d'abord la *petitesse du cerveau* qui attire l'attention : par son poids et par ses dimensions il appartient au groupe des cerveaux d'idiots microcéphales. Depuis le célèbre mémoire de Carl Vogt (1868), les microcéphales ont été le sujet de travaux nombreux et étendus : Virchow a fait connaître son hypothèse sur l'ossification précoce des sutures crâniennes, Klebs et Stark ont publié leurs idées sur l'état spasmodique de l'utérus pendant la grossesse et les processus d'encéphalite considérés comme causes de la microcéphalie. En réalité les symptômes cliniques les plus divers ont été notés dans cette affection du cerveau. Mais, pas plus la microcéphalie que la réduction des *lobes frontal* et *occipital* dans cet encéphale, ou les *anomalies dans la disposition et dans la délimitation des circonvolutions*, ne sauraient expliquer les symptômes cliniques de ce cas, attendu qu'on peut rencontrer, les observations en témoignent, des lésions semblables sans altérations de déficit de la *psyché*, et que, d'autre part, des troubles psychiques de cette gravité peuvent exister avec un aspect normal de ces lobes et de ces circonvolutions. L'*absence presque complète du corps calleux* ne peut pas davantage expliquer ici les symptômes cliniques, cette partie du

cerveau ayant été trouvée complètement absente sans que le moindre trouble de l'intelligence ait été observé (il est inutile de relever cette erreur; nous analysons). La *dilatation des ventricules,* aucun signe d'inflammation n'ayant été constaté, ne peut être regardée que comme un *hydrocephalus e vacuo* et, comme lésion banale dans la microcéphalie, ne saurait non plus expliquer les symptômes cliniques. L'*atrophie du cervelet* ne peut pas être la cause de l'absence d'intelligence, puisqu'on l'a souvent trouvé atrophié à un degré élevé sans que cette fonction en eût souffert le moins du monde.

Quant aux *fines altérations anatomiques de l'écorce cérébrale*, elles peuvent être ramenées d'une manière générale à un arrêt de développement de l'écorce du cerveau ; les variétés relevées à cet égard dans les différents territoires corticaux sont simplement des différences de degré du même processus. Dans les territoires corticaux les plus altérés, *région motrice, gyrus cinguli* et *gyrus parietalis inferior*, les cellules ne sont pas encore différenciées en couches diverses ; elles ont la forme de cellules embryonnaires. Une partie des cellules les plus profondes a seulement commencé à se différencier, mais ces cellules elles-mêmes sont restées arrêtées dans leur développement avant d'avoir atteint la forme et le volume caractéristiques des cellules complètement développées. Comme, d'après Vignal, ces cellules sont les premières qui se différencient, et que cela arrive au commencement du sixième mois, ce territoire cortical aurait été frappé d'arrêt de développement dans la première moitié du sixième mois. Les cellules ont grandi par la suite, mais sans atteindre un volume correspondant à leur âge, et en conservant leur forme et leur structure embryonnaires (noyaux volumineux, protoplasma finement granuleux). Si une atrophie des cellules avait eu lieu, il en serait sans doute resté des traces.

Le reste du territoire cortical avait atteint un développement un peu plus élevé. Ainsi dans les autres parties des *lobes frontal* et *pariétal,* il existait une couche de cellules fusiformes qui normalement correspondait au degré de développement du huitième mois fœtal. A un stade supérieur encore se trouvait l'écorce du *lobe occipital,* et, si l'on n'insiste pas sur le fait que le nombre des cellules était inférieur et que les grandes pyramides n'étaient pas parvenues à prendre une forme correspondante à leur âge, l'écorce du *lobe temporal,* la plus développée, était normale. Le *gyrus hippocampi* l'était aussi presque entièrement, si l'on fait abstraction du nombre des cellules demeuré inférieur. L'augmentation de la densité de la substance de soutènement et celle du nombre des vaisseaux dans les territoires corticaux arrêtés dans leur développement doit être considérée uniquement comme un phénomène de compensation organique, non comme l'expression d'un processus inflammatoire, car il n'y avait aucune altération ni dans les parois des vaisseaux, ni dans leur entourage. L'interprétation du rôle des éléments cellulaires arrondis qui se trouvaient en petite quantité dans l'écorce et dans la substance blanche, et qu'on rencontre dans toutes les formes d'idiotie, doit être réservée. La pauvreté des fibres zonales d'association de la première couche de l'écorce, dont l'indigence était le plus accusée dans les territoires corticaux les plus altérés, dépendait certainement du petit nombre des éléments cellulaires de l'écorce.

Ainsi l'écorce de ce cerveau se trouvait à différents stades de développement qui correspondent très exactement aux stades de développement normal de l'écorce cérébrale.

Suivant Vignal, les premières cellules nerveuses qui apparaissent dans l'écorce sont celles qui forment la *partie inférieure* de la 3e couche de Meynert (couche des « grands corpuscules pyramidaux corticaux ») : les

cellules de cette couche, dont quelques-unes se montrent vers le milieu du sixième mois, font presque toutes leur apparition vers le milieu du septième mois. Dans ce même mois apparaissent les cellules nerveuses de la quatrième couche de MEYNERT, dans le huitième mois, celles de la deuxième et de la cinquième couches. Dès la sixième semaine apparait la première couche de MEYNERT, formée de fins tubes nerveux (EXNER). « A la naissance, on peut reconnaître facilement, dans la *substance grise,* les cinq couches de MEYNERT, quoiqu'un grand nombre de cellules soient encore loin, ajoutait VIGNAL, de présenter l'aspect qu'elles auront à l'état adulte ; » elles se trouvent encore à divers degrés de développement. Les cellules de la névroglie, qui, même à l'état adulte, conservent le caractère embryonnaire (RANVIER) ne commencent à être aperçues qu'au huitième mois. Comparé au développement de la substance grise de la moelle, celui de la substance grise du cerveau est très tardif : « dans la moelle, les cellules nerveuses commencent à apparaître vers la dixième semaine de la vie utérine, dans le cerveau seulement à la vingt-huitième semaine. » La « striation des couches corticales du cerveau » est indiquée presque dès le début ; elle n'est bien nette qu'à partir du cinquième mois. Enfin les circonvolutions et les sillons apparaissent durant le sixième mois (ECKER), époque à laquelle on voit les premières cellules nerveuses devenir distinctes.

Dans le cerveau d'Adolf Olsson, le territoire le moins développé correspondait à un degré de développement qui, chez le fœtus normal, est atteint à *six mois,* celui d'un autre territoire avait atteint le stade d'évolution d'un cerveau de huit mois, un troisième territoire enfin présentait la croissance d'un cerveau de neuf mois ou de nouveau-né. Un seul territoire, le *gyrus hippocampi,* avait atteint un développement en rapport avec l'âge de l'enfant, quoique le nombre des cellules y fût inférieur. Il suit que, jusqu'à *six mois,* le développement de cet idiot semble avoir été normal : à partir de cette époque, quelque cause serait survenue qui a déterminé l'arrêt complet du développement de l'écorce dans un territoire, laissant continuer ce développement dans un autre territoire, pour l'arrêter également ensuite. Le corps calleux est à un degré de croissance qui correspond au sixième mois d'un fœtus normal. Quelle a été cette cause déterminante d'arrêt ? Il est impossible de l'établir.

Si l'on rapproche maintenant les différents *symptômes cliniques* des *altérations anatomo-pathologiques* constatées dans ce cas, les *troubles de la motilité* et ceux du *langage* s'expliquent exactement par l'arrêt de développement des *centres* du *mouvement* et de la *parole.* Peut-être pourrait-on rattacher les *troubles de coordination* à la réduction des éléments nerveux du *vermis.* Ici le vermis était demeuré à un stade de développement que l'on observe dans la seconde moitié de la vie de l'embryon.

Les troubles de la *vision* (la perception de la vue existait à peine) s'expliqueraient par l'état du *lobe occipital,* resté à un stade de développement qui, chez les enfants normaux, correspond au commencement de la première année.

L'état relativement bon de l'*ouïe* s'accorde bien avec le degré de croissance du *lobe*

temporal, qui correspondait au développement normal de ce lobe dans la première moitié de la première année.

Quant au *goût*, dont l'enfant percevait quelques impressions, il est à noter que l'écorce du *gyrus lingualis* se trouvait arrivé à un stade correspondant aux derniers mois de la vie fœtale.

Pour la *sensibilité générale* (*Gefühl*), dont il existait des perceptions de tous les modes à l'exception du sens musculaire, il est bien remarquable que l'écorce des parties supérieures et antérieures du *lobe pariétal* se trouvait à un stade d'évolution qui répondait à une écorce normale du huitième mois au moins de la vie fœtale, alors que la partie inférieure du même lobe (*gyrus parietalis inferior*) ne rappelait que celle d'un fœtus de six mois.

Enfin, l'*absence de fonctions psychiques supérieures* s'expliquerait par la circonstance que la plus grande partie de l'écorce cérébrale était restée dans un état de développement qui, chez les êtres normaux, s'étend du sixième mois de la vie fœtale au commencement de la première année de la vie.

De l'étude d'autres cas semblables de cette forme d'idiotie profonde, dont Hammarberg, après Schüle (*Klinische Psychiatrie*, Leipz., 1886), désigna les sujets du nom de *Blödsinnige*, individus auxquels l'intelligence et la conscience font défaut, et partant incapables de développement psychique, le savant suédois avait tiré les déductions suivantes :

« Les lésions de déficit psychique (*die psychischen Defekte*) constatées à peu près au même degré dans tous les cas jusqu'ici étudiés, sont toutes réductibles à des *altérations anatomiques de l'écorce cérébrale* trouvées chez les sujets, quelques variations de forme, de volume ou de nature qu'aient présentées les cerveaux. Ces altérations corticales expliquent ces symptômes psychiques.

« Ces *altérations*, dans tous les cas, étaient l'effet d'un *arrêt du développement* normal de l'écorce cérébrale dans la dernière moitié de la vie fœtale : certains territoires étaient restés à un stade embryonnaire ; d'autres avaient été empêchés d'atteindre un degré de développement en correspondance avec l'âge du sujet.

« La plus grande partie de l'écorce cérébrale se trouvait à un stade de développement que l'on observe, chez les être normaux, entre le sixième et le neuvième mois fœtal.

« Dans quatre cas le développement a pourtant continué et atteint un stade qui existe chez l'être normalement développé à un an, mais un processus est survenu plus tard qui, en déterminant la destruction des éléments cellulaires dont l'évolution se trouvait plus avancée, a fait rétrograder l'écorce cérébrale au même stade de développement que dans les cas précédents.

« Les quatre sujets compris dans ce groupe peuvent donc être ainsi caractérisés :

« Ils manquaient totalement de toutes les fonctions psychiques supérieures et étaient incapables de tout développement psychique. La plus grande partie de leur écorce cérébrale était à un degré d'évolution qu'on retrouve chez l'être normalement développé dans la dernière moitié de la vie embryonnaire.

« Les différents symptômes cliniques peuvent, dans chaque cas, recevoir une explication suffisante des altérations constatées dans le territoire correspondant de l'écorce cérébrale. »

A ce *premier groupe* de l'idiotie de HAMMARBERG appartiennent encore les individus qu'il désigne du nom de *faibles d'intelligence à un haut degré (in hohem Grade Schwachsinnige)*. Sans manquer de compréhension ni de conscience, ces infirmes ont un développement psychique arrêté à un stade anormalement précoce. Il les caractérise ainsi à la suite des observations qu'il en donne :

« Quoiqu'ils ne soient pas dénués de compréhension et de conscience, le développement psychique de ces êtres demeure au degré où se trouve celui des individus normaux dans les premières années de la vie, c'est-à-dire de un à cinq ans.

« La plus grande partie de l'écorce cérébrale est également à un stade de développement qui existe chez les individus normaux dans une des premières années de la vie. »

Dans un *second groupe*, HAMMARBERG a classé : 1° les *faibles d'intelligence à un moindre degré (in geringem Grade Schwachsinnige)*, qu'il ne faut pas confondre, en dépit de l'appellation, avec les derniers idiots du premier groupe. Les premiers, incapables d'éducation, présentent un développement psychique demeuré à un stade qui caractérise la première enfance (enfants de un à cinq ans) ; les seconds, capables d'éducation, et dont le développement psychique a été arrêté à un stade postérieur, pendant la première année, présentent un état mental qui peut être rapporté en général entre six et douze ans.

Ici encore les symptômes cliniques s'accordent de tous points avec les altérations pathologiques. Le nombre des cellules nerveuses est, dans la plus grande partie de l'écorce du cerveau, très inférieur à celui de ces éléments chez les individus normaux, et ce n'est que sur une moindre étendue que le manteau parvient à un stade de développement d'ordinaire atteint dans les premières années de la vie.

En résumé, et c'est par ces remarques finales que se ferme le beau livre que CARL HAMMARBERG a laissé au monde, livre où les principaux groupes de l'idiotie sont étudiés, les lésions de déficit psychiques se manifestent et s'expliquent par une lésion anatomique, structurale, de déficit, ayant empêché d'apparaître ou altéré les fonctions des cellules

nerveuses de l'écorce du cerveau, que cette lésion de déficit dérive d'un arrêt de développement d'une partie plus ou moins étendue de cette écorce à un stade de développement correspondant au stade embryonnaire ou au développement normal de la première enfance; qu'un petit nombre seulement de cellules nerveuses aient pu atteindre un degré supérieur d'évolution, ou, enfin, que les cellules aient été détruites par l'effet de quelque cause au cours de la croissance du manteau.

Dans toutes les observations cliniques et anatomo-pathologiques de HAMMARBERG, il est démontré que, dans l'idiotie, l'écorce du cerveau a subi un arrêt à un certain moment de son développement normal. D'ordinaire il ne s'agit que d'un territoire cortical plus ou moins restreint, dont le développement a été entièrement arrêté. Mais, même en pareil cas, cette lésion de déficit n'a pas laissé de retentir sur tout l'ensemble du manteau : l'écorce n'a pu parvenir à son développement complet; elle est demeurée à un stade en désaccord avec l'âge du sujet. Quant à une néoformation de cellules nerveuses, dont HAMMARBERG admettait l'existence, pendant la croissance de l'écorce, il vaut mieux, estimons-nous, dans l'état actuel de nos connaissances, n'y pas insister.

Selon le degré de gravité de la cause d'arrêt, selon l'étendue et la nature fonctionnelle du territoire cortical qui a subi cet arrêt, suivant l'époque aussi où ce processus a eu lieu, les lésions anatomiques de déficit les plus variées de l'écorce cérébrale peuvent en résulter, ainsi que les altérations psychiques suivantes, altérations également de déficit, dont ces lésions cérébrales constituent la condition ou le substratum organique :

I. — Si l'arrêt de développement a lieu à un stade postérieur de la *vie fœtale* et que la plus grande partie de l'écorce du cerveau n'ait pas atteint un développement plus élevé que celui de cet organe à cette époque dans les conditions normales, *toute trace de conscience fait défaut. Le développement psychique est impossible.* Tels sont les idiots du premier groupe de HAMMARBERG.

Selon que le processus d'arrêt a frappé d'une manière plus intense tel ou tel territoire cortical, d'autres troubles du côté des nerfs crâniens, de la motilité, du langage ou de la sensibilité peuvent d'ailleurs se montrer en même temps.

II. — Si la cause d'arrêt affecte l'écorce du cerveau pendant la *vie fœtale* ou dans la *première année* et que la plus grande partie de l'écorce cérébrale n'ait pas atteint un développement plus élevé que chez les êtres normaux dans une des premières années de la vie, ces individus, encore qu'ils ne manquent ni de compréhension ni de conscience, demeurent arrêtés dans leur développement psychique à un stade qui, chez les normaux, correspond à celui d'une des premières années de la vie. Tels sont

les idiots ou « faibles d'intelligence à un haut degré » du premier groupe de HAMMARBERG.

Ici aussi, selon que le processus d'arrêt a frappé plus fortement tel ou tel territoire cortical, des troubles apparaissent du côté des nerfs crâniens, de la motilité ou de la sensibilité.

III. — Si la cause d'arrêt affecte l'écorce cérébrale pendant la *première année* de la vie et qu'un petit territoire cortical seulement ait été complètement arrêté dans son développement, la plus grande partie du manteau s'étant développée à tous égards, si ce n'est quant au nombre des cellules, qui demeure moins grand qu'à l'état normal, les fonctions psychiques sont lentes et moins développées que chez les individus normaux de même âge, sans que l'état psychique de développement puisse être vraiment comparé à un des stades de la vie d'un enfant normal. Tels sont les « arriérés » du second groupe de HAMMARBERG.

Comme dans les divisions précédentes, des troubles fonctionnels des nerfs crâniens, de la motilité et de la sensibilité peuvent exister dans cet état du cerveau.

Touchant la connaissance des lésions microscopiques découvertes par l'anatomie pathologique du cerveau des idiots avant les recherches de KARL HAMMARBERG, avant celles mêmes de KÖSTER et de POPOFF, on doit rappeler que JEANNERAT (*Ann. médico-psychol.*, 1864) avait trouvé le tissu conjonctif hypertrophié et les noyaux proliférés dans l'écorce; KESTEVAN (1871), les cellules nerveuses atrophiées et les espaces périvasculaires dilatés; VOISIN (1872), la « dégénérescence pigmentaire » et l'atrophie des cellules, dont les prolongements étaient minuscules et rares, et la « dégénération graisseuse des vaisseaux »; IRELAND (1873), MIERZEJEWSKI (1875), FRASER (1876), TAMBURINI (1879), LUYS (1881), rapportent des observations du même genre. Dans son important travail, *Sur la structure histologique de l'écorce du cerveau humain* (1), BETZ attira l'attention sur le *petit nombre* et la *disposition irrégulière*, oblique, des cellules pyramidales, aux *rares prolongements*, des circonvolutions du *lobe frontal*, du *lobe paracentral* et des *circonvolutions marginales* (FA et PA); on ne distinguait pas de « prolongement basal ». Le type à cinq couches était bouleversé dans le *lobe frontal*, où les cellules, fort espacées, étaient pourtant grandes. Dans le *lobe occipital*, les couches des grains étaient très développées, les pyramides rares et petites. Puis vinrent les observations sur le même sujet de GIACOMINI (1885) et de SACHS (1887), et d'autres savants encore. Le cas publié par KÖSTER, d'Upsala, et dont l'étude anatomo-pathologique est sortie du laboratoire de MENDEL, nous a semblé bien propre à résumer l'état de la science sur ce sujet vers 1890 (2). Il s'agissait d'un idiot, né en 1859, mort en 1885, qui n'avait pu apprendre ni à manger, ni à boire, ni à parler; très irritable, il tombait dans des accès de fureur, courait çà et là et déchirait ses vête-

(1) BETZ. *Ueber die fein. Strucktur der menschlichen Gehirnrinde*. Centralbl. f. die med. Wissensch., 1881, n°s 11-13.

(2) H. KÖSTER. *Ein Beitrag zur Kenntniss der feineren pathologischen Anatomie der Idiotie*. Neurol. Centralbl., 1889, VIII, 292-99.

ments. A vingt-six ans, grand, lourdement bâti, cet homme était resté un enfant, très arriéré, rappelant assez bien l'état d'un enfant d'un an. Outre quelques anomalies de la face, qui ne sont pas décrites, les pupilles, qui réagissaient bien, étaient inégales. Nous avons dit qu'il ne parlait pas; de temps en temps, il poussait des cris inarticulés; on ne sait s'il entendait; il laissait aller sous lui l'urine et les matières fécales. Le cerveau, durci dans l'acide chromique, ne présentait rien d'anormal : la grosseur de cet organe, la largeur et la disposition des circonvolutions, la profondeur des sillons semblaient normales. L'insula présentait son plissement ordinaire et était recouverte par l'opercule. Ainsi, à l'examen macroscopique, ce cerveau n'offrait rien d'insolite.

Les préparations microscopiques provenaient des trois circonvolutions frontales de l'un et de l'autre hémisphère, des FA et PA, de T et T_2, de l'insula et de quelques morceaux du lobe occipital. On ne put obtenir de bonnes préparations de la névroglie, circonstance que l'auteur attribue à l'époque, datant de deux ans, du durcissement de ce cerveau : les autres éléments de l'écorce cérébrale se colorèrent au contraire très bien (rouge du Congo, carmin-ammoniaque d'après Nissl, picro-carmin). Mais s'il est impossible de rien dire de précis sur l'état de la *névroglie,* ce tissu était certainement hypertrophié ; Köster constata nettement cette lésion dans toutes les parties examinées du cerveau. Les cellules nerveuses et les espaces lymphatiques péricellulaires ne présentaient pas d'altérations moins frappantes. Les *espaces lymphatiques péricellulaires* et *périvasculaires* étaient très dilatés. Les cellules et les vaisseaux apparaissaient comme isolés et séparés par de larges vides, où ne se voyaient que quelques rares noyaux. Cet état général semblait pourtant plus accusé dans l'insula.

Dans les circonvolutions *frontales, centrales* et *occipitales,* et spécialement aussi dans la F_3, sur les deux hémisphères, ni le nombre, ni la forme, ni la grandeur des *cellules pyramidales* n'offraient rien d'anormal. Les prolongements cylindraxiles et protoplasmiques existaient le plus souvent comme d'ordinaire. Granulation, pigmentation jaune, souvent partielle, et vacuolisation des corps cellulaires. Les noyaux avec leurs nucléoles étaient assez distincts dans la plupart des cellules et, quoiqu'un peu excentriques parfois, se trouvaient d'ordinaire au centre de la cellule. Mais si tel était l'aspect général des éléments nerveux, il s'en rencontrait, quoiqu'en moins grand nombre, qui paraissaient atrophiés, dont la forme était irrégulière et dans lesquels on n'apercevait point de noyau. Dans l'*insula,* en particulier, les cellules étaient nettement plus petites qu'à l'état normal; les angles en étaient émoussés; le noyau et les nucléoles faisaient souvent défaut ou n'étaient plus guère reconnaissables dans le corps protoplasmique pigmenté et vacuolisé; atrophie correspondante des prolongements. Mêmes altérations histologiques dans les *circonvolutions temporales,* encore qu'il y eût beaucoup de cellules normales. La disposition générale des cellules se retrouvait dans les différentes couches de l'écorce, mais Köster insiste sur l'orientation oblique d'un grand nombre de cellules pyramidales (*Schieflagerung der Pyramidenzellen*) ; il les a surtout observées à la limite de la deuxième à la troisième couche et dans les trois circonvolutions frontales des deux hémisphères, plus rarement dans les autres territoires corticaux. Nous renvoyons sur ce sujet aux paroles de Carl Hammarberg que nous avons citées. Köster n'a pas noté d'augmentation du nombre des vaisseaux : les parois des artérioles et des capillaires étaient seulement très épaisses et le trajet de ces canaux formait des zig-zags; avec un fort grossissement, on distinguait, dans les plus fines artères, des lamelles concentriques dans l'épaisseur des parois.

Quant à l'interprétation de ces lésions pour la pathologie et la pathogénie de l'idiotie, Köster insiste d'abord sur la prolifération de la névroglie, les altérations des vaisseaux, l'atrophie et les lésions dégénératrices des cellules nerveuses. Il rapportait la dilatation des

espaces lymphatiques, phénomène également élucidé, croyons-nous, par HAMMARBERG, aux entraves apportées à la circulation de la lymphe par la densité du tissu de la névroglie et à l'élévation de la pression de ce liquide qui en était la suite. L'épaississement inégal du tissu névroglique lui semblait pouvoir expliquer aussi l'orientation oblique ou transverse des cellules pyramidales dans certaines régions de l'écorce : toutefois, il croyait devoir attribuer cette anomalie à une disposition fœtale (*fœtale Anlage*), et cela parce que la *Schieflagerung* prédominait dans les circonvolutions *frontales*, tandis que si ce phénomène n'avait été qu'un effet secondaire des lésions de la névroglie, on l'aurait constaté partout dans l'écorce, les proliférations de ce tissu ayant eu lieu partout uniformément. Aussi bien, les altérations de la névroglie et des tuniques vasculaires, la dilatation des espaces lymphatiques, la pigmentation et la vacuolisation des cellules ne sont nullement pathognomoniques de l'idiotie : on les rencontre dans bien d'autres maladies mentales. Reste l'orientation oblique des cellules pyramidales : elle n'avait été jusque-là rencontrée que dans des cerveaux d'idiots (RETZ, BERNARDINI). Est-elle « caractéristique de l'idiotie »? demandait KÖSTER. Il avouait que le nombre des observations était encore trop restreint pour qu'il fût possible de se prononcer à cet égard, mais il appelait spécialement l'attention sur ce point. POPOFF a été également frappé de cette disposition des cellules pyramidales dans une étude sur l'anatomie pathologique de l'idiotie (1), qui nous a paru surtout intéressante à un autre point de vue, à propos des troubles de développement du faisceau pyramidal. L'idiot auquel appartenait ce cerveau était mort phtisique à dix-huit ans. Il n'avait pu apprendre, avec les premières lettres de l'alphabet, que les éléments les plus simples de l'arithmétique; il avait toujours gâté. Dans les dernières années, devenu plus irritable, il était sujet à des accès de fureur destructive. Poids du cerveau : 1.202 grammes. Le cervelet n'était pas entièrement recouvert par les lobes occipitaux. La plupart des circonvolutions étaient frappées d'arrêt de développement, en particulier celles du *lobe frontal* (F_1, F_2 g. et F_3 g. et dr.) et de l'*insula* gauche, du *lobe paracentral* gauche, etc. POPOFF signale la minceur de l'écorce et la dilatation des ventricules. La névroglie avait proliféré sur beaucoup de points et les parois des vaisseaux étaient épaissies. Outre leur disposition anormale, les cellules nerveuses apparaissaient sur les coupes en général petites, atrophiées, vacuolisées. Enfin, et cette constatation faite à l'aide de la coloration de WEIGERT-PAL est précieuse, les fibres myéliniques de l'écorce se trouvaient très diminuées de nombre, surtout dans la *pars opercularis* de l'écorce.

Toute une littérature existait déjà sur les cerveaux d'idiots ; mais il s'agissait surtout de pesées ou d'anatomie macroscopique, et POPOFF a pu dire : « Si, encore aujourd'hui, on admet qu'une incapacité fonctionnelle congénitale du système nerveux central est compatible avec une structure tout à fait normale de ce système, le temps n'est plus très éloigné sans doute où l'on repoussera de la façon la plus nette une pareille supposition. Les progrès de la science et de ses méthodes prouveront que cette lésion de déficit des fonctions s'explique par certaines anomalies de développement qui ont retenti sur la structure de l'organe (1). » Un premier

(1) N. M. POPOFF (Warschau). *Beitrag zur Kenntniss der pathologischen Anatomie der Idiotie*. Arch. für Psych. u. Nervenkr., XXV, 1893, 637 sq.

pas dans ce sens, et le plus grand, a été fait, KAES le reconnaît, par le Suédois KARL HAMMARBERG, au moyen d'une étude comparée de la numération et de la mensuration exactes des cellules nerveuses de l'écorce cérébrale chez les normaux et chez les idiots. HAMMARBERG a en effet établi que, dans toutes les observations cliniques et anatomo-pathologiques qui servent de fondement à son travail, où les principaux groupes de l'idiotie sont représentés, les lésions psychiques de déficit pouvaient être regardées comme l'effet d'une altération de même ordre des cellules nerveuses de l'écorce cérébrale. Dans tous les cas, l'écorce avait été arrêtée, à un certain stade, dans son développement normal.

Après avoir décrit, sur des cerveaux normaux, l'ordre d'apparition successive de la myélinisation des différents territoires de l'écorce cérébrale, KAES a choisi pour sujet d'étude deux cerveaux d'idiots, auxquels il a joint plus tard cinq cerveaux de paralytiques (1).

Une naine, qui a vécu 25 ans et 8 mois, fille d'un alcoolique, n'avait, à 21 ans, que la taille d'un enfant de 9 ans (1,212 millimètres). L'aspect était d'une crétine, la démarche mal assurée ; les pieds traînaient. Elle ne parlait pas, ne comprenait rien, quoique l'expression du visage ne fût pas toujours celle d'une idiote ; les yeux, petits et noirs, paraissaient particulièrement malicieux. A l'appel de son nom, aux bruits annonçant le repas, elle s'animait. Elle faisait connaître ses besoins par des grognements et de l'agitation, si bien que, dans le jour, il était possible de la tenir propre. Le cerveau (conservé dans le liquide de MÜLLER) pesait 1.373 grammes : l'hémisphère gauche, 546 ; le droit 650, le cervelet, etc., 177. Mais, pour n'insister que sur les faisceaux de fibres nerveuses myélinisées de l'écorce de ce cerveau, les coupes provenant des différentes régions de l'écorce firent connaître que le développement de ces fibres était à peine un peu plus avancé, chez cette naine, que dans un enfant normal d'un an et quelques mois.

Le second cerveau provenait d'une idiote microcéphale (Emmy Denker) ; le père était scrofuleux, l'oncle épileptique ; la naissance avait eu lieu, à *huit mois,* dans un *accouchement laborieux*. Le corps était normalement développé. Toute trace d'intelligence faisait défaut ; les fonctions des organes des sens étaient elles-mêmes fort rudimentaires : l'*ouïe* et l'*odorat* semblent avoir fait complètement défaut, l'acuité de la *vue* était, en tout cas, très faible, la *sensibilité cutanée* fort grossière : seule, la fonction du *goût* était tout à fait bonne. La *tête* vacillait, comme si elle eût été trop lourde ; la *langue* pendait ; le *pouce,* l'*index* et le *médius* étaient en flexion ; tout le corps était envahi par une certaine *rigidité spasmodique* ; *réflexes* très accusés ; *clonus* du pied ; l'enfant ne marchait pas. Trépanée à droite de la suture sagittale, le 28 juillet 1894, elle mourut le 3 août. A l'autopsie, aucune trace de méningite. Le cerveau durci de cette enfant de deux ans pesait 233 grammes (hémisphère droit 75, gauche 81, cervelet, pont, etc., 77). Il résulte de l'analyse des coupes en séries que des différences considérables existaient dans toute la masse de ce cerveau, *va-*

---

(1) THEOD. KAES. *Ueber den Markfasergehalt der Hirnrinde bei einem zweijährigen mikrocephalischen Mädchen und bei einem fünfundzwanzigjähren, makrocephalischen weiblichen Zwerge*. III[ter] intern. Congr. f. Psychol. in München, 1896. München, 1896. 195 sq.

riables avec le degré d'arrêt de croissance des diverses parties. Une dilatation énorme des ventricules dans les deux hémisphères n'avait laissé apparaître que la myélinisation des lobes frontaux ; aussi les cordons des pyramides descendus dans la moelle épinière n'étaient-ils pas myélinisés, ce qui explique l'état de contracture spasmodique du corps de cette enfant, née avant terme, et dans un accouchement laborieux. Le corps calleux était très mince et les fibres calleuses s'arrêtaient dans les hémisphères après un court trajet ; atrophie des nerfs optiques ; le lobe occipital droit sclérosé. Les fibres nerveuses de projection de l'écorce furent trouvées à différents degrés de développement, mais toutes en retard sur le développement des mêmes faisceaux chez un enfant normal de 1 an et quelques mois. Les fibres arciformes de MEYNERT existaient souvent ; dans les parties les plus développées se montraient les rudiments du *réseau interradiaire* d'EDINGER, mais les fibres nerveuses des 2e, 3e et 4e couches de l'écorce manquaient presque entièrement.

La pathogenèse des *porencéphalies* est aujourd'hui plus claire que par le passé. Il a suffi le plus souvent, pour expliquer leur origine, de partir, non plus d'une hypothèse, celle d'un arrêt de développement, mais de faits mieux connus, dont les conditions pathologiques ou expérimentales sont déterminables, et d'étendre les résultats de ces observations à l'interprétation des lésions variées de déficit dont il s'agit, datant soit de la vie intra-utérine, soit de l'époque de la naissance, soit des mois suivants. « On peut aujourd'hui, écrit ERNST BEYER, ramener à certains processus déterminés ces malformations, considérées comme stades ultimes, comme reliquats d'affections bien connues (1). » Voilà en quoi consiste le progrès essentiel dans la théorie des porencéphalies.

Voici un cas de porencéphalie bilatérale, différente sur chaque hémisphère, dont BEYER s'est efforcé de reconstituer la pathogénie. A côté d'une paraplégie et d'une hémiplégie combinées, il existait d'autres symptômes de paralysie (aphasie motrice) cérébrale.

Idiot de la clinique psychiatrique de Strasbourg. Mort de pneumonie à 19 ans. Enfant jumeau, né à terme, et dans un accouchement normal. A 3 mois, une fièvre et des convulsions. Son corps se développa bien, mais il ne put apprendre ni à marcher ni à parler. Les deux jambes étaient paralysées, de même que le bras et la main droite ; contractures des diverses articulations. L'extrémité supérieure gauche était normale ; il s'en servait. Point d'attaques d'épilepsie. Crâne extraordinairement petit, comparé surtout au squelette de la face. Nystagmus ; contractions spasmodiques du facial gauche. Sens normaux en apparence. Langage limité à l'émission des voyelles ; très peu de mots. Mais il comprenait ce qu'on lui disait, exécutait les ordres, connaissait les noms, la signification et l'usage des objets. Attention : il observait exactement son entourage, connaissait les gardiens et les malades, contrôlait leur sortie et leur entrée. S'il avait peu d'idées, c'est que la difficulté de se faire comprendre n'avait point permis de lui donner une éducation régulière. Il s'attachait

---

(1) E. BEYER. *Ueber doppelseitige ungleichartige Porencephalie*. Neurol. Centralbl., 1897, 631 sq.

aux médecins et aux infirmiers; il riait volontiers; mais on ne l'a jamais vu pleurer. Il était propre.

Autopsie. — Calotte crânienne très épaisse; substance spongieuse abondante. Dans la partie antérieure du pariétal droit, région où l'os était très aminci: voussure correspondante de la dure-mère. Cerveau très petit dans l'ensemble; il ne pesait que 750 grammes. L'*hémisphère droit* était divisé par un sillon qui occupait la place du sillon de Rolando: les circonvolutions antérieures et postérieures s'y terminaient à angle aigu; les méninges de ce sillon étaient très épaisses et très vascularisées. Des circonvolutions centrales il n'existait que deux parties situées aux deux extrémités du sillon central, la plus petite en haut, la plus grosse en bas: entre ces deux espèces de tronçons, les circonvolutions rolandiques faisaient complètement défaut, « comme si on les avait enlevées avec la cuiller tranchante », si bien que les circonvolutions frontales et pariétales se rencontraient.

Sur l'*hémisphère gauche*, une cavité (*porus*) communiquait librement, à l'entrée de la fosse de Sylvius, avec le ventricule, s'irradiant dans les circonvolutions limitrophes (plissement rayonné de ces circonvolutions). La perte de substance portait essentiellement sur le pied de la deuxième et de la troisième circonvolutions *frontales*, ainsi que sur la moitié inférieure des circonvolutions *centrales*. Le pont de Varole et la moelle allongée étaient d'un volume correspondant à celui du cerveau, c'est-à-dire petits; mais le cervelet était normal, par conséquent relativement très gros.

Dans ce cas d'idiotie, point de lésion diffuse de l'écorce du cerveau: des lésions de déficit localisées. Le trouble psychique avait été ici la suite de l'absence d'écorce cérébrale en une région dont l'importance est capitale pour la fonction du langage. En outre, cette porencépalie avait interrompu la continuité d'un grand nombre de faisceaux de la couronne rayonnante et de nombreuses voies d'association reliant les parties antérieures et postérieures des hémisphères. Toutefois, ces territoires corticaux eux-mêmes ne semblaient pas avoir subi d'altération structurale: les régions voisines du *porus* étaient bien modifiées dans leur structure, mais les parties éloignées, par exemple le lobe occipital, « étaient, dit Beyer, tout à fait intactes ». Relativement à l'hémisphère gauche, c'est donc surtout d'une diminution *quantitative* de l'intelligence qu'a été frappé l'idiot. Il était, on l'a vu, attentif, et aurait certainement été susceptible d'éducation si l'on avait pu triompher de la difficulté à se faire comprendre de lui, difficulté relevant surtout de son aphasie motrice.

L'absence d'épilepsie s'explique sans doute par le peu d'importance des résidus laissés par les processus pathologiques; ils n'étaient point de nature à pouvoir agir comme cause d'irritation. La persistance des contractions spasmodiques du facial gauche nous paraît la meilleure preuve de la doctrine que Beyer soutient ici. Ajoutez que, alors que d'ordinaire le porencéphale est occupé par un kyste rempli de sérosités qui peut agir comme un corps étranger et exciter les convulsions, l'espace sous-arachnoïdien communiquait librement dans ce cas avec le ventricule.

Tout l'intérêt de cette observation est dans la pathogénie des lésions

de déficit qui existaient sur les deux hémisphères. Le porencéphale *gauche* siégeait exactement au point où des foyers de ramollissement s'étaient formés du fait d'une embolie ou d'une thrombose de l'artère de la fosse de Sylvius; il était limité au domaine de la branche artérielle qui pénètre dans le *ramus ascendens* de la *fossa* Sylvii; aussi la partie inférieure des circonvolutions centrales était-elle seule détruite sur cet hémisphère, non la partie supérieure, et la perte de substance traversait-elle toute l'épaisseur de la paroi de l'hémisphère jusqu'au ventricule. Ce *porus* est donc, pour Beyer, le reliquat d'un foyer de ramollissement dû à une embolie ou à une thrombose. Qu'il ne s'agisse pas d'arrêt de développement, l'examen microscopique l'établit qui démontre l'existence, sur quelques points où le tissu normal du cerveau est à proximité du *porus*, d'une névroglie ayant évidemment proliféré, et, dans la voie correspondante des pyramides celle, non d'une agénésie, mais d'une dégénération secondaire.

L'interprétation des faits est plus difficile touchant l'hémisphère *droit*. Ici les circonvolutions d'enceinte de la *fossa* Sylvii sont normales, mais la plus grande partie des circonvolutions centrales fait défaut. Si l'on tient compte de l'amincissement de la région du pariétal, signalé plus haut, il devient vraisemblable que la destruction de la substance cérébrale est due à une lésion des méninges, sans doute à une hémorragie; un hématome de cette espèce peut avoir détruit directement les circonvolutions sous-jacentes, ou avoir provoqué leur disparition par compression, en déterminant peut-être l'amincissement de l'os sus-jacent. Comme phénomènes résiduels, on peut indiquer l'épaississement et la vascularisation des méninges du sillon central ainsi que la prolifération de la névroglie sur les parties limitrophes du porencéphale.

Les lésions des deux hémisphères ont-elles été simultanées et dérivent-elles d'une cause commune? C'est ce qu'il est difficile de décider. Une embolie peut aussi bien se produire dans la vie intra-utérine qu'à la naissance et plus tard; une hémorragie des méninges peut avoir lieu à toutes les périodes de l'existence. L'hypothèse d'un traumatisme obstétrical étant exclue, Beyer incline à croire qu'une hémorragie, ayant occasionné la lésion de l'hémisphère et celle du pariétal droits, a été déterminée par quelque traumatisme au troisième mois de la vie; cet accident peut avoir aussi produit, médiatement, le foyer de l'hémisphère gauche, par embolie ou thrombose de la sylvienne gauche. Les lésions destructives des deux hémisphères auraient été ainsi à peu près contemporaines, hypothèse qui expliquerait l'arrêt de croissance des deux hémisphères chez cet idiot.

En opposition aux faisceaux de *fibres radiaires*, fibres blanches centripètes de projection et d'association, montant verticalement de la substance

blanche et s'arborisant dans l'écorce (1), et aux faisceaux de *fibres obliques*, montant également à la surface de l'écorce, KÖLLIKER (2) appelle *tangentielles* toutes les fibres affectant cette disposition et en énumère les espèces suivantes :

1° *Fibres tangentielles superficielles*, les *fibrae zonales* de son *stratum zonale* (couche moléculaire), dont on peut séparer une région interne ou inférieure, à fibres de fort calibre, la strie de BECHTEREW. KÖLLIKER, qui a décrit ces fibres après REMAK (1838, 1840), en 1850, avant EXNER, a vu que des couches inférieures montent obliquement des fibres de calibre moyen et fort qu'on peut suivre dans la couche zonale. Il ne considérait pas la couche de BECHTEREW, signalée d'abord par cet auteur dans le lobe occipital, comme se distinguant par des limites bien tranchées des fibres zonales. KAES a montré plus tard (1891) que la strie de BECHTEREW existe dans toutes les régions de l'écorce où abondent les fibres tangentielles superficielles, c'est-à-dire dans le lobe occipital, le lobe temporal, l'insula, les circonvolutions centrales et le lobule paracentral ; elle manque dans le lobe frontal et la face antérieure du lobe temporal. KÖLLIKER conteste cependant, vu l'ignorance où l'on est, suivant lui, de la provenance des fibres tangentielles superficielles de son *stratum zonale*, qu'on puisse les désigner comme des fibres d'association et qu'elles possèdent l'importance physiologique que leur ont attribuée TUCZEK, ZACHER, VULPIUS, KAÉS, et, ajoutons, HAMMARBERG, en rattachant les troubles psychiques de l'idiotie et de la démence, en particulier de la démence paralytique, aux arrêts de développement ou aux dégénérescences de ces fibres. KAES a bien montré, ainsi qu'on le verra, qu'avec l'âge, c'est-à-dire au cours de l'évolution ou de l'involution de l'individu, et suivant les diverses provinces du télencéphale, ces mêmes fibres subissent des modifications profondes quant au nombre et au degré de développement.

Dans les cas de paralysie générale aiguë ou suraiguë, où les phénomènes de paralysie motrice n'ont point le temps de se développer, la maladie évolue en quelques semaines. Or, les régions de l'écorce dont la dégénérescence se produit d'ordinaire dans cette maladie après des mois et des années, a lieu dans ces cas en quelques semaines. La lésion fon-

(1) L'épaisseur des faisceaux de fibres radiaires est de 20 à 40 μ ; ces faisceaux sont formés de 10 à 20 fibres ; ils n'en comptent guère que 2, 3 ou 4 au fond des sillons des circonvolutions. « Si l'on suit un de ces faisceaux depuis la substance blanche jusqu'à la surface de l'écorce, on constate nettement que les fibres de plus fort calibre demeurent en même quantité jusqu'à la couche des grandes pyramides, mais qu'elles diminuent de nombre ensuite et qu'à la limite externe de cette couche elles vont se perdant en fibrilles de plus en plus fines. »

(2) *Handb. der Gewebelehre des Menschen*, 1896, II, 636 sq.

damentale étudiée par Zacher, et qui a trait à la disparition des fibres zonales et radiaires, porte ici surtout sur les régions antérieures et inférieures du lobe frontal, sur le *gyrus rectus*, et déjà avec moins d'intensité sur les parties postérieures des circonvolutions frontales, sur F_1 et sur F_3. Il ne s'agissait pas, dans deux cas de cette forme de paralysie aiguë (1), d'encéphalite interstitielle chronique ayant déterminé secondairement la dégénérescence fibrillaire, mais d'encéphalite parenchymateuse. Les altérations vasculaires et interstitielles n'étaient dans aucun rapport avec les lésions de déficit, fort étendues, de la fibrillation. Ce fait démontre la nature des symptômes observés dans ces cas. Le processus dégénératif des fibres zonales de l'écorce n'était point d'origine inflammatoire, et Zacher écrit que les cellules nerveuses étaient « intactes ». « Le premier cas, dont l'autopsie a eu lieu 13 heures après la mort, a permis de surprendre en quelque sorte à son début le processus pathologique et donne à cette observation une importance capitale ». La « dégénérescence primitive » des fibres zonales, voilà le fondement anatomique de la lésion fonctionnelle du cerveau, des symptômes du délire paralytique.

2° *Fibres tangentielles moyennes,* qui se montrent sous l'aspect d'une ou deux raies blanches transversales, l'une externe, l'autre interne (*laminae transversales seu medullares externa et interna*). L'*externe,* connue déjà au dernier siècle par Gennari (1782), Vicq d'Azyr (1786), Sömmerring (1788), ne fut bien étudiée que par Remak (1839) et Baillarger (1841). Elle est située dans la portion externe de la couche des grandes pyramides, à l'extrémité des faisceaux de fibres radiaires. L'interne appartient à la portion interne de cette couche ou même à la portion externe de la couche des cellules polymorphes. En dehors du lobe occipital, ces deux raies blanches se voient dans certaines circonvolutions du lobe frontal, sur la face interne en particulier, dans certaines parties des circonvolutions centrales et des circonvolutions pariétales, dans le *gyrus lingualis* et dans le *cuneus* et dans la région postérieure des circonvolutions temporales. Kölliker n'a trouvé que la raie externe dans d'autres parties du cerveau (2). Les fibres constitutives de ces raies blanches sont, comme les fibres zonales de la couche moléculaire, de calibre différent. Kölliker tient les plus ténues pour des éléments autochtones de l'écorce ; elles ne proviennent point des parties profondes de l'écorce. Au contraire, celles qui sont d'un calibre fort ou moyen proviennent des éléments de la substance blanche dont les fibres,

---

(1) Zacher. *Ueber zwei Fälle von acuter Paralyse.* Neurol. Centralbl., 1891, X, 68-78.
(2) *Handb. der Gewebelehre d. Menschen,* 1896, 642.

montant dans l'écorce, se dichotomisent horizontalement dans les rubans de GENNARI, de VICQ D'AZYR ou BAILLARGER.

3° *Fibres tangentielles internes* ou *fibres d'association*, divisées en *intra-corticales* et *intramédullaires* (*fibrae arcuatae intracorticales et intramedullares*). Ces deux systèmes de fibres se trouvent surtout au fond des sillons séparant deux circonvolutions ; les fibres intracorticales (HENLE, KAES), sont situées dans la substance grise, les fibres arquées intramédullaires (*fibrae arcuatae gyrorum*, ARNOLD, *fibrae propriae* ou en U de MEYNERT) dans la substance blanche. Un grand nombre de ces dernières appartiennent certainement aux fibres longues d'association.

EDINGER a bien décrit le réseau fibrillaire, extraordinairement dense, qui résulte, dans l'intimité de l'écorce cérébrale, des arborisations sans nombre des cylindraxes et de leurs collatérales. Outre ces prolongements nerveux des cellules endogènes du *cortex*, de longs faisceaux partis d'autres régions, sans doute lointaines, viennent, par le pédoncule cérébral et la capsule interne, se terminer dans ces régions supérieures de l'écorce. Les cylindraxes de la plupart des cellules de l'écorce, ainsi que les collatérales issues des filaments axiles des pyramides, semblent bien être myélinisés. Voici les noms, au moins provisoires, proposés par EDINGER pour désigner ces différentes fibres dont on ignore le plus souvent la provenance directe : 1. *radii*, faisceaux radiaires de fibres blanches de projection s'élevant dans l'écorce ; 2. *réseau interradiaire* (*interradiäres Flechtwerk*), constitué surtout de fibres parallèles à la surface de l'écorce ; 3. *réseau superradiaire* ; 4. *fibres tangentielles*. A la limite entre le réseau superradiaire et le réseau interradiaire, celui-ci devient très dense : la raie ou strie blanche qui en résulte se voit partout à l'œil nu sur l'écorce, mais particulièrement dans le *cuneus* : c'est la strie ou raie de GENNARI, et, dans le coin, le *ruban rayé* de VICQ D'AZYR. Dans le lobe occipital, cette raie blanche est située un peu plus bas dans la troisième couche, donc un peu plus près de la quatrième couche de l'écorce, que dans le lobe frontal, par exemple. La strie de GENNARI est entièrement formée de collatérales émises par les cylindraxes des pyramides. Le réseau interradiaire est également constitué, pour la plus grande part, de collatérales cylindraxiles de même provenance. Ces zones sont inégalement développées dans tous les cerveaux. Outre que leur développement varie avec les différentes zones corticales, l'âge des sujets et les arrêts de croissance de l'organe entraînent à cet égard des différences considérables.

On peut déjà étudier sur les figures de KAES les différents types de l'écorce cérébrale sur différents points et aux différents âges de la vie. Sur trois coupes de l'écorce des circonvolutions centrales provenant d'un enfant de un an et quelques mois, d'un homme de trente-six ans, et d'un

homme de cinquante-trois ans, on est frappé au plus haut point des différences qui distinguent, quant à la myélinisation des faisceaux et à la densité des couches de fibrilles des diverses zones blanches, les cerveaux d'hommes de ces deux derniers âges. Encore qu'il soit possible que l'exercice différent de ces régions de l'écorce chez les sujets dont provenaient ces cerveaux explique en partie ces variétés, comme l'insinue EDINGER, à qui KAES a communiqué ces trois coupes, je ne sais pas de démonstration plus saisissante des modifications et surtout des altérations anatomiques que l'âge ou l'usure de la vie apporte à la structure du système nerveux central.

Ce sont donc les découvertes de KAES qui nous confirment dans le sentiment d'EDINGER touchant les rapports qui doivent exister entre l'intelligence et la densité des zones de fibrilles myélinisées de l'écorce cérébrale. KAES a démontré que cette richesse fibrillaire de l'écorce croît sans cesse jusqu'à quarante ans et au delà ; il s'agit surtout des faisceaux de *fibrae arcuatae intracorticales* et des faisceaux qui, dans le *réseau superradiaire,* se rattachent étroitement à la *couche des fibres tangentielles* ; dans quelques parties de l'écorce, la myélinisation a lieu là encore très tard ; au-dessous de la couche des fibres tangentielles, des régions très étendues de l'écorce sont rayées de stries transversales formées par ces fibrilles.

Autant qu'il est permis de le conjecturer, ce sont, écrit EDINGER, de *nouvelles voies d'association* qui, arrivées tard en activité, se myélinisent alors seulement. Peut-être ne s'agit-il que de collatérales qui, plus vivement sollicitées à l'activité par l'augmentation du nombre des associations, n'arrivent qu'alors à leur développement complet et se myélinisent. Dans d'autres tissus aussi, nous le savons, un surcroît d'activité des éléments peut déterminer un degré plus élevé de leur croissance. Le même événement pourrait se produire dans l'écorce cérébrale sans aucune dérogation aux lois connues. On peut facilement concevoir que, par l'effet du travail cérébral, l'homme se crée ainsi de nouvelles voies nerveuses d'association, et qu'à une plus grande activité fonctionnelle du cerveau corresponde, comme substratum anatomique, sinon la néoformation, hypothèse aussi peu fondée que celle des mouvements amiboïdes des neurones, du moins le développement de voies nerveuses préexistantes (1).

Pour l'étude de la richesse en *fibres zonales* ou tangentielles du cerveau normal, TH. KAES s'est servi de la méthode de WOLTERS qui confère aux tissus des nuances différentes, du jaune au gris-noir, permettant de con-

---

(1) L. EDINGER. *Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane des Menschen und der Thiere.* Leipz., 1896, 5te Aufl., 222-224.

stater la richesse relative en fibres des différents territoires de l'écorce, même sans l'aide du microscope. A l'œil nu déjà on distingue la richesse en fibrilles myélinisées d'un territoire par sa couleur claire, sa pauvreté par la couleur grise. L'écorce de l'embryon présente pour cette raison un aspect de couleur gris-rouge ; ce n'est qu'avec les progrès de la myélinisation que sa couleur blanchit. Avec la coloration de Wolters, l'écorce indigente en fibrilles zonales apparaît jaune, puis, avec l'augmentation de celles-ci, jaune-gris, gris-pâle, noir. Les stries ou rubans de Gennari ou de Baillarger se montrent sous cette dernière teinte. L'étude des rapports entre le cerveau et l'intelligence ayant pour principal fondement celle de la structure de l'écorce cérébrale, les progrès des méthodes techniques devaient surtout permettre d'aborder ce problème avec méthode (1).

Chez deux phtisiques, l'un de 18, l'autre de 38 ans, malades qui d'ordinaire conservent jusqu'à la mort leur intelligence, Kaes a pu d'abord constater que le développement des fibres dont il s'agit était bien moins avancé chez le premier que chez le second : la couleur jaune domine dans le cerveau de 18 ans ; la coloration gris-jaune est augmentée du double à un âge plus avancé, et cette augmentation continue encore avec les années (parties grises). Même rapport pour la striation noire correspondant au ruban de Gennari ou Baillarger (20 : 40). S'appuyant sur 2,000 pesées de Robert Boyd, Schwalbe enseigne que le cerveau humain augmente rapidement de poids jusqu'à sept ans. Croissant ensuite plus lentement, il atteint vers la fin de la vingtième année, dans les deux sexes, les nombres moyens établis pour les adultes (1,376 à 1,246 grammes). Ce maximum du poids du cerveau demeure ensuite à peu près stationnaire de 20 à 50 ans. A partir de cette époque commence une lente tombée du poids du cerveau dont la moyenne descend, dans la vieillesse avancée, à 1,285 grammes chez l'homme, à 1,130 grammes chez la femme. « Nos deux cerveaux, écrit Kaes, correspondent, le cerveau de 18 ans, à la période de la lente croissance de l'organe, le cerveau de 38 ans, à la période d'état. Le poids de ces deux cerveaux correspondait au poids moyen de l'âge considéré et était même supérieur ; les circonvolutions étaient régulièrement développées. » On était arrivé, au moyen des pesées, à pouvoir affirmer qu'à 20 ans la croissance du cerveau a atteint à peu près le maximum de son développement moyen ; que, de 20 à 50 ans, ce poids demeure stationnaire pour s'abaisser ensuite. Mais on ne pouvait appliquer ces règles au déve-

(1) Th. Kaes. *Die Anwendung der Wolters'schen Methode auf die feinen Fasern der Hirnrinde.* Neurol. Centralbl., 1891, X, 456-9.

38 ans, renferment le plus grand nombre de ces fibres, alors qu'à 18 ans le lobe temporal se trouve à cet égard encore fort en arrière des deux autres grandes régions. D'une manière spéciale, c'est la région du *lobe paracentral* où abondent le plus les fibres à fort calibre, et c'est le *lobe occipital* qui l'emporte sur tous les autres quant au nombre et à la précocité de développement de ses fibres. Enfin, relativement à la zone motrice, KAES croit avoir constaté que la région postérieure du *lobe paracentral* est déjà, dans son développement général, presqu'aussi riche en fibres à 18 qu'à 38 ans. Le territoire le plus pauvre en fibrilles horizontales est toute la convexité antérieure du lobe frontal à proximité immédiate du *gyrus rectus* (1).

Les fibres *radiaires* de l'écorce cérébrale ont été reconnues de bonne heure pour des faisceaux ascendants sortis de la substance blanche du cerveau. Quant aux fibres *horizontales* ou *tangentielles* de l'écorce, on les rattachait aux *faisceaux arciformes (Bogenbündel)* d'ARNOLD ou aux *fibrae propriae* de MEYNERT, dont les systèmes avaient pour fonction d'associer les points rapprochés ou éloignés de l'écorce des hémisphères. Lorsque, en 1840, REMAK fit connaître sa division de l'écorce en deux couches dont la zone de fibres horizontales myélinisées formait la limite, il remarqua qu'il n'avait pas trouvé cette couche chez les enfants. Le fait fut confirmé par ARNDT en 1868. En 1881, EXNER nia l'existence de toute fibre à myéline dans l'écorce du nouveau-né. Mais, deux ans plus tard, TUCZEK signalait dans l'écorce du lobe paracentral et dans les deux circonvolutions centrales des fibres myélinisées déjà, chez le fœtus, avant le neu-

---

(1) Dans des recherches ultérieures, qui ont porté sur des cerveaux d'Allemands de 1 an et 3 mois jusqu'à 53 ans, ainsi que sur ceux d'un Hindou et d'un Chinois, KAES a trouvé que la convexité surtout de l'hémisphère gauche, le moins large, renferme le plus grand nombre de fibres chez l'adulte ; chez l'enfant, l'hémisphère droit serait le plus développé. Le développement du réseau fibrillaire *superradiaire* était très inférieur, chez les deux Asiatiques, à celui des Allemands ; le réseau *interradiaire* l'était au contraire également ou même, comme chez l'Hindou, davantage. A considérer les différents territoires corticaux de la convexité, KAES a été amené à conclure que « moins une partie de l'écorce est avancée dans le développement général de ses fibres, plus la moyenne des mensurations se ressemblent chez les Allemands et chez les Asiatiques. » La richesse fibrillaire relative des différentes couches de l'écorce est représentée au moyen de coupes microscopiques de l'*insula*, du *gyrus fornicatus*, des parties antérieures et postérieures du *lobe frontal*, du *lobe pariétal*, du *lobe temporal*, du *lobe occipital*, et des *circonvolutions centrales* (10 planches). La myélinisation progressive des fibres nerveuses permet d'établir que, chez les Asiatiques, les *fibres de projection* sont de plus fort calibre et plus vigoureusement développées, tandis que, chez les Allemands, la richesse des dispositions anatomiques primaires des *fibres d'association* est absolument manifeste. — *Ueber Grosshirnrindenmasse u. über Anordnung der Markfasersysteme in der Rinde des Menschen*, zugleich ein Beitrag zur Frage : *Unterscheidet sich die Rinde des Culturmenschen von der niederer Racen in Bezug auf Caliber, Reichthum u. Anordnung der markhaltigen Nervenfasern ?* Neurol. Centralbl., 1895, 889-90.

vième mois. FUCHS revint au contraire aux résultats négatifs d'EXNER : les fibres tangentielles de la couche *périphérique* de l'écorce n'apparaissaient qu'au cinquième mois de la vie ; au septième mois se montraient les systèmes d'association des couches *profondes* de l'écorce ; dans la zone *intermédiaire,* on n'apercevait des fibres qu'après la première année, et ce n'était qu'à sept ou huit ans que celles-ci avaient définitivement atteint leur nombre et leur calibre relatif. GERLACH considérait l'écorce comme riche en fibres blanches horizontales : elles formaient un réseau en se mettant en connexion avec les faisceaux de fibres radiaires. KRAUSE, qui désignait du nom de « plexus nerveux blanc » la raie interne de BAILLARGER, semble avoir eu des idées semblables à celles de GERLACH. SCHWALBE situa la raie externe de BAILLARGER au milieu de l'épaisseur de l'écorce, là où se terminent les faisceaux radiaires. EDINGER, en 1885, décrivit immédiatement sous la pie-mère un riche plexus de fibres myélinisées. EMMINGHAUS trouva le premier dans la seconde couche de MEYNERT un grand nombre de fibres zonales à fort calibre. Nous avons rappelé que BECHTEREW signala l'existence d'une couche spéciale de fibres myélinisées, la plupart aussi de fort calibre, dans quelques territoires de la région occipitale du cerveau (THÉODORE KAES les a retrouvées dans d'autres régions encore de la convexité), fibres s'étendant en séries assez denses sur le fond de la première couche (par conséquent à proximité de la seconde couche) et appartenant sans aucun doute aux nombreux systèmes de *fibres d'association* de l'écorce cérébrale. Aussi toute la valeur physiologique de ces systèmes apparut-elle lorsque, dès 1882 et 1884, TUCZEK montra que la disparition des fibres tangentielles, surtout dans les parties antérieures ou frontales du cerveau, devait être considérée comme la cause anatomique de la *dementia paralytica.* En 1886, ZACHER vérifia et confirma la découverte de TUCZEK, mais il en étendit la portée en attribuant aux lésions destructives de ces fibrilles, qu'il put observer avec la nouvelle coloration de WEIGERT, les principaux symptômes de déficit de la démence sénile, des psychoses épileptiques, des graves affections chroniques et dégénératives du cerveau. JENDRASSIK soutint, l'année suivante, que le tabes dorsal dérivait, lui aussi, de la disparition des fibres tangentielles du cerveau. Enfin, KOSTJURIN et BELJAKOW avaient attiré l'attention sur la dégénérescence de ces fibres dont le nombre diminue avec le progrès de l'âge et dont les altérations expliquent la lente descente de l'intelligence dans la démence sénile.

L'étude anatomique et physiologique des *fibres tangentielles* ou horizontales de l'écorce cérébrale permettait déjà d'entrevoir l'importance capitale de ces éléments du système d'association pour la théorie des fonctions supérieures de l'innervation centrale. Mais on ne peut nier que

les déductions pathologiques des cliniciens ne fussent un peu prématurées, faute d'une connaissance suffisante de l'état de ces zones de fibrilles dans l'écorce normale. Nissl avait bien insisté sur la nécessité de toujours rapprocher à cet égard, avant de tirer aucune conclusion, les parties correspondantes de l'écorce à l'état sain et à l'état pathologique. Mais les travaux fondamentaux de Vulpius et de Kaes, publiés depuis sur ce sujet, ont bien fait voir les énormes difficultés qu'avaient rencontrées les premiers observateurs. A lire l'histoire de la doctrine des fibres d'association myélinisées de l'écorce cérébrale, telle que l'a écrite Vulpius (1), on est frappé de la grandeur de l'effort de tous ces savants histologistes, dont quelques-uns ont pressenti clairement le sens profond de pareilles investigations pour l'interprétation des phénomènes de l'intelligence. Vulpius se rattache à l'ancienne division de l'écorce de Remak (1841), postérieure au mémoire de Baillarger (2) : le développement de ces zones fibrillaires ayant lieu à des époques différentes de la vie démontre la diversité de nature de ces organes d'association des couches de l'écorce.

De l'examen microscopique des coupes en séries d'un grand nombre de cerveaux, il résulta tout d'abord pour Vulpius que les coupes provenant de cerveaux d'âges très différents présentent des différences correspondantes quant au nombre, à la nature et à la localisation topographique des fibres tangentielles. Voici l'énumération des vingt-deux cerveaux étudiés par Vulpius à l'aide des méthodes histologiques alors les plus récentes : 1 fœtus de 32 et 1 de 34 semaines, 1 nouveau-né à terme, d'autres de 4 mois 1/2, de 8, 11 et 16 mois, des enfants de 1 an 3/4, 2, 3, 7, 10, 16 et 17 ans, des adultes de 33, 43, 52, 60, 70 et 79 ans, tous individus exempts de maladie cérébrale, enfin d'un idiot de 4 ans. Les pièces, durcies dans le liquide de Müller, traitées par l'alcool et la solution d'hématoxyline de Weigert, étaient prises, symétriquement, sur les deux hémisphères de chaque cerveau. Elles provenaient toujours des six régions suivantes : F_1 gauche, F_3 gauche et droite, FA droite, pointe du lobe occipital (O) droit, extrémité antérieure de T_1 gauche. Vulpius divise l'écorce cérébrale en couches *interne*, *moyenne* et *externe*. La couche *interne* correspond aux couches 3, 4 et 5 du type à cinq couches de Meynert (à la 3e couche de Kölliker, aux 1re, 2e et 3e couches de Berlin, à la 5e d'Arndt) ; la couche *moyenne*, pauvre en fibrilles, est identique aux 2e et 3e couches de Meynert ; la couche *externe*, riche en fibrilles, correspond à la 1re couche de Meynert, au *stratum zonale* de Kölliker.

Les premières fibres tangentielles ont paru dans la *couche interne* de F_1 et F_3 gauche chez l'enfant de 4 mois ; ces fibres se montrent ensuite dans les couches supérieures de l'écorce. La *couche moyenne* demeure toujours relativement pauvre en fibres tangen-

---

(1) O. Vulpius (Heidelberg). *Ueber die Entwicklung und Ausbreitung der Tangentialfasern in der menschlichen Grosshirnrinde während verschiedener Altersperioden*. Arch. f. Psych. u. Nervenkr., 1892, Bd. XXIII, 775-798. Les principales recherches sur ce sujet sont dues, Vulpius le reconnaît, à Vicq d'Azyr, Baillarger, Remak, Kölliker, Berlin, Meynert, Arndt, Exner, Tuczek, Fuchs, Zacher, Bechterew, Jendrassik, etc.

(2) J. Baillarger. *Recherches sur la structure de la couche corticale des circonvolutions du cerveau*. Paris, 1840.

tielles. Les deux stries de BAILLARGER et de VICQ D'AZYR avaient déjà vaguement apparu chez l'enfant de 4 mois; à 11 mois le ruban de VICQ D'AZYR du lobe occipital droit était presque aussi nettement délimité que chez l'adulte; mais VULPIUS attribue cette apparence à un dépôt de la substance chromatique dont l'affinité pour cette couche serait particulière. Mais, dès 16 mois, les fibres tangentielles du faisceau de VICQ D'AZYR sont nombreuses et la strie de BAILLARGER apparaît double sur la FA droite. Le nombre le plus élevé de fibrilles tangentielles du ruban de VICQ D'AZYR fut trouvé chez une femme de 33 ans. Quant à l'épaisseur des fibres horizontales de l'écorce, les premières apparues sont très fines, mais, dès l'âge de 16 mois, beaucoup ont déjà un calibre de 3 à 3,5 μ. *Les fibres tangentielles de fort ou petit calibre existent dans toutes les circonvolutions, mais inégalement :* FA droite, par exemple, en possède surtout de fort calibre, F_1 gauche et O droit se distinguent au contraire par l'abondance de fibrilles fines. Chez l'adulte, la région de l'écorce où les fibres tangentielles sont le plus nombreuses dans la *couche interne* est O droit, puis viennent ensuite FA droite, F_3 droit, F_3 gauche, T_1 gauche, enfin F_1. Dans la *couche moyenne*, F_3 droit occupe à cet égard le degré le plus inférieur, FA le plus élevé : entre ces deux extrêmes se placent les quatre autres circonvolutions étudiées ici. La fréquence des fibres tangentielles dans la *couche externe* enfin s'élève de F_3 droit et F_3 gauche à T_1 gauche, O droit et F_1 gauche pour atteindre son maximum dans FA droit. Encore que VULPIUS hésite à définir déjà des rapports entre l'état des fibres tangentielles, tel qu'il résulte de ces observations, et les manifestations fonctionnelles du cerveau aux différentes périodes de son développement, rapports qui s'imposent pourtant, il le reconnaît, et qui se dégagent avec un « accord étonnant » d'une comparaison de ce genre, il suffira de méditer les conclusions du mémoire de ce savant pour en comprendre la très haute signification physiologique.

I. Le nouveau-né ne possède, ni dans l'écorce, ni dans la substance blanche du cerveau, de fibres myélinisées, à l'exception des faisceaux de la substance blanche de FA.

II. On peut, en se fondant sur le nombre et le développement des fibres, distinguer une couche *moyenne* de fibres tangentielles entre la couche *interne* et la couche *externe*.

III. Les *premières fibres tangentielles* apparaissent, dans la *couche interne* et dans la *couche externe,* à 4 mois, à 8 mois dans la *couche moyenne*.

IV. Le *développement des fibres tangentielles diffère beaucoup dans les différentes régions du cerveau,* et, dans ces territoires, *dans chaque couche de l'écorce*.

V. *Des troubles généraux de nutrition* semblent *arrêter le développement des fibres tangentielles*.

VI. A 17 ans, le développement de ces fibres n'est pas encore terminé dans toutes les parties du cerveau.

VII. *Avec le progrès de l'âge,* le nombre des fibres paraît *diminuer* un peu.

VIII. *Les fibres tangentielles* ou horizontales *naissent souvent de fibres radiaires isolées ou pénétrant dans l'écorce en faisceaux*. Le dernier cas s'observe surtout au fond des *sulci* où les fibres radiaires pénètrent souvent dans la *couche externe*.

IX. Le *nombre* des fibres tangentielles n'est pas le même dans les différentes régions du cerveau. Le plus grand nombre existe dans FA droit.

X. FA droit possède le plus grand nombre de fibres tangentielles de fort calibre; F_1 gauche et O droit ont un nombre plus considérable de fibres tangentielles fines.

XI. Le *ruban* de VICQ D'AZYR et les *raies* de BAILLARGER *résultent d'une agglomération de fibres tangentielles*.

XII. Le ruban rayé de VICQ D'AZYR est beaucoup plus constant que celui de BAILLARGER, qui souvent, en particulier dans le *lobe frontal (Stirnhirn),* apparaît double.

LES LOBES CÉRÉBRAUX

Rapports de la nature et du développement de l'intelligence avec l'évolution du cerveau antérieur des mammifères. — Le *lobe frontal* et le *lobe de l'insula* ont leur histoire comme le *lobe pariéto-occipito-temporal*, et c'est encore un problème de savoir pour quelle part chacun de ces trois centres du cerveau antérieur contribue, en cette grande province du névraxe, à la fonction d'ensemble par excellence, résultante de toutes les activités de l'organisme, l'intelligence, à tous les degrés de conscience. Or, a dit KANT, après LEIBNITZ, « il y a un nombre infini de degrés de conscience jusqu'à son extinction (1) ». Chez les carnassiers terrestres et aquatiques, chez le chien et le phoque, par exemple, et chez les félins, chez les périssodactyles, tels que le cheval et le tapir, chez les artiodactyles, pachydermes et ruminants, chez les cétacés et chez les primates, le lobe frontal et le lobe de l'insula ont constamment varié avec l'étendue et les changements des conditions d'adaptation, ainsi qu'avec les effets correspondants de l'action permanente, encore qu'indéfiniment variable, du milieu externe et du milieu interne des organismes. Petit et lisse chez les petits carnassiers, par exemple, le lobe frontal augmente de volume dans les grandes espèces. Une remarque aussi simple, et qui ne paraissait guère emporter de conséquences pour l'étude des fonctions de l'innervation supérieure, est pourtant susceptible d'une interprétation toute différente depuis que nous connaissons les connexions anatomiques et fonctionnelles de la sphère sensitive du corps avec le lobe frontal, et que l'étendue de ce grand centre d'association chez l'homme est sans doute en rapport avec le développement, ici également le plus élevé dans la série, du territoire cortical où l'animal a conscience de ses états internes et des réactions sans nombre de sa vie de relation.

Chez les invertébrés comme chez les vertébrés, il y a lieu de croire, dit CHARLTON BASTIAN (*Le cerveau, organe de la pensée*), que « les impressions émanant des viscères constituent une partie importante du stock

---

(1) IMM. KANTS *Kritik der reinen Vernunft* (Herausg. v. ADIKES.). Berlin, 1889, 337.

général d'impressions afférentes qui excitent l'activité cérébrale et la vie mentale des animaux » ; les impressions de cette sorte fournissent les stimuli internes qui déterminent le plus grand nombre de leurs actes et de leurs mouvements. « Chez les poissons, les reptiles, les oiseaux, beaucoup d'impressions viscérales peuvent parfaitement être *plus conscientes* que celles que nous éprouvons ; elles peuvent entrer pour une proportion beaucoup plus grande dans la trame d'impressions sensitives qui constituent le fondement de la vie consciente de ces êtres. » OWEN a écrit des poissons que « l'appétit pour la nourriture paraît être leur désir prédominant et sa satisfaction leur occupation principale ». Il est également certain pour BASTIAN qu'il suffit que ces animaux, aussi bien que les reptiles, les oiseaux et les mammifères, soient excités par divers états viscéraux, pour qu'ils déploient une activité extraordinaire des sens et de l'intelligence, avec une vitesse, une puissance et une sûreté de contractions musculaires correspondantes. La faim et l'amour, et tous les instincts et tendances qui retentissent dans les ganglions encéphaliques et dans l'écorce des hémisphères exaltent singulièrement l'acuité de l'odorat, de la vue et de l'audition des requins, des pythons, des vautours, des lions et des tigres. Ils réagissent alors à une foule d'impressions externes qui les laissent indifférents dans l'état de satiété.

Dans le grand silence des sensations viscérales, les sens de la vie de relation se ferment en quelque sorte et un lourd sommeil s'étend comme un voile entre l'animal et le reste du monde. Mais, avec le développement d'instincts et d'habitudes plus complexes, les réactions du cerveau deviendront de moins en moins simples ; elles s'adapteront à des conditions d'existence qui, en laissant subsister les désirs et les besoins qui sont comme les ressorts primitifs de la machine animale, en rendront en quelque sorte les effets moins violents et surtout moins terribles pour les autres êtres vivants, soit que la domestication supprime les causes d'explosion des instincts les plus puissants, tels que la faim et l'amour, soit que le dressage séculaire de certains mammifères, tels que le chien, ait réussi à créer des états mentaux antagonistes assez fortement organisés pour mater les impulsions « irrationnelles » qui s'agitent toujours dans la moelle allongée, la *formatio reticularis*, et les régions des ganglions de la base, mais ne sauraient plus dépasser le seuil de la conscience. « Jusqu'à la Révolution française, le chien de berger est resté ce qu'il était du temps des Romains, le protecteur et le défenseur des troupeaux contre les attaques des loups ; mais, après la création de la petite propriété, il a dû changer de rôle : il est devenu surtout le guide, le conducteur des troupeaux, le protecteur des récoltes contre la dent des moutons. Dans ce nouveau rôle, il a dû perdre un peu de son humeur batailleuse : il a dû surtout déployer

une plus forte dose de patience et d'intelligence. » Intelligent, ce chien « l'est plus que tout autre, car aucun ne montre comme lui une vigilance sans cesse en éveil et à l'épreuve, un attachement aussi profond, allant jusqu'à l'abnégation absolue (1) ». C'est particulièrement au chien de Brie, selon P. Mégnin, qu'on peut appliquer ces paroles de M. Reul : « Le chien de berger est remarquable par sa sagacité. Ses dispositions à garder les troupeaux paraissent innées ; elles sont héréditaires. Au bout de peu de temps, il connaît chaque signe, chaque regard du berger, et remplit avec une patience, une obéissance rares, les tâches qu'il lui impose. *Il en est qui comprennent toutes ses paroles.* » Non seulement le cerveau du chien de berger est plus différencié dans son ensemble que le cerveau du chien de chasse : le lobe limbique paraît avoir subi chez les diverses races de chien le contre-coup de la modification des instincts et des habitudes nés de nouvelles adaptations ; il serait plus développé chez le chien de chasse que chez le chien de berger. Chez le chat domestique, qui se sert plus de son *ouïe* et de sa vue que de son *odorat* pour chasser, la scissure limbique a déjà subi un changement correspondant de structure.

Anatomie et physiologie comparées du lobe frontal, de l'insula et du lobe pariéto-occipito-temporal. — Si le poids de l'écorce du cerveau humain représente, en chiffres ronds, 80 pour 100 de tout le cerveau, selon Meynert, et si l'on s'explique déjà par là sa puissance d'arrêt sur les organes sous-corticaux, le *lobe frontal* lui-même, qui, chez l'homme, représente 41 pour 100 de toutes les circonvolutions des hémisphères, 35 pour 100 chez le singe, ne représente pas moins de 30 pour 100 chez l'ours. Le *lobe frontal* du cheval est un des plus complexes qu'on rencontre chez les mammifères osmatiques, avec ceux de l'âne, du rhinocéros et du tapir. Il présente sur la face externe un sillon bien marqué parallèle à la scissure de Rolando et un second qui part au-dessus du lobe olfactif : il peut donc déjà être divisé en circonvolutions frontales supérieure et inférieure (F^1 et F^2). En arrière du lobe frontal, et limitée en avant par la scissure de Rolando, une circonvolution de direction presque verticale, déjà décrite chez le chien, et appartenant au lobe pariétal, est une pariétale ascendante (PA). Les circonvolutions pariétales, au lieu de former des arcs autour de la scissure de Sylvius comme chez les carnassiers, demeurent en général parallèles au bord sagittal et ne décrivent plus de courbures chez les artiodactyles et chez les périssodactyles. Le lobe pariétal du cheval est, en somme, composé de sept circonvolutions : la PA, les deux

(1) P. Mégnin. *Le chien de berger*. Revue scientif., 1er avril 1893.

sylviennes inférieure et supérieure et les quatre pariétales. L. TENCHINI et F. NEGRINI ont insisté sur les homologies que présente avec l'écorce cérébrale de l'homme le manteau des chevaux et des bœufs. Les différents territoires vasculaires correspondants permettent d'abord d'identifier les aires cérébrales qui y correspondent aux territoires corticaux de même nom chez l'homme. Ainsi, l'*artère cérébrale antérieure* se distribue au lobe frontal et à une partie du lobe pariétal, l'*artère cérébrale moyenne*, ou *sylvienne*, à la scissure de ROLANDO, au lobe pariétal et au lobe temporal, l'*artère cérébrale postérieure* au lobe occipital. L'étude du développement embryologique de l'écorce cérébrale, de l'apparition des scissures, a montré à ces auteurs l'existence d' « homologies incontestables » portant : 1° sur la *face interne*, entre le *lobe du corps calleux* de ces artiodactyles et de ces périssodactyles et celui de l'homme ; 2° sur la *face externe*, entre le *lobe frontal*, relativement bien développé, avec ses sillons ; le *lobe pariétal*, avec une scissure centrale qui le traverse, homologue de l'interpariétale ; le *lobe* ou *lobule occipital*, véritable appendice du lobe pariétal, mais où n'existe encore aucune trace de la scissure pariéto-occipitale ; enfin, sur la *face inférieure*, entre le *lobe sphénoïdal*, où l'homologie avec la *circonvolution de l'hippocampe* est évidente, et le *lobe olfactif*.

Déjà sur ces cerveaux de bovidés et de solipèdes, on distingue des structures et comme des substructions d'âges différents : les fondations sont en quelque sorte toujours représentées par le lobe du corps calleux et la circonvolution de l'hippocampe avec le lobe olfactif, tandis que les circonvolutions du lobe frontal, et en particulier la circonvolution frontale externe, le lobule occipital et les circonvolutions temporales et temporo-occipitales sont dénommés par TENCHINI et par NEGRINI des « organes de perfectionnement ». Le lobe olfactif est ici en régression. Ce n'est, ajoutent ces auteurs, que par le développement des organes de perfectionnement que des formes plus complexes, plus différenciées sortiront de plus simples : l'activité psychique supérieure est liée au développement des organes cérébraux constitués par les circonvolutions frontales, occipitales, temporo-sphénoïdales. A cet égard les chevaux sont supérieurs aux ruminants (1). Le lobe frontal est plus développé d'ailleurs chez le bœuf que chez le mouton et la chèvre ; ce développement est dû au redressement de la scissure de ROLANDO. Le lobe limbique, énorme sur la face inférieure, se complique, sur la face interne, de sillons longitudinaux et transversaux qui divisent le lobe du corps calleux. Chez les cétacés, on sait ce

---

(1) L. TENCHINI e F. NEGRINI. *Sulla corteccia cerebrale degli Equini e Bovini studiata nelle sue omologie con quella dell' uomo...* Parma, 1889.

qu'est devenu le grand lobe limbique : il est réduit, chez les dauphins, au lobe de l'hippocampe et à celui du corps calleux. Chez les mammifères aquatiques, la scissure de ROLANDO, qui s'étend presque jusqu'à la scissure de SYLVIUS, limite en avant un *lobe frontal*, fort développé, incisé de plusieurs sillons plus ou moins profonds, mais laissant absolument lisse la partie postérieure de ce lobe : c'est le *désert olfactif* de BROCA ; il résulte de l'atrophie du lobe olfactif dont la quatrième racine ou *racine olfactive supérieure* s'insère directement chez les macrosmatiques sur la partie postérieure du lobe frontal et est en connexion avec ce centre.

Le lobe de l'*insula*, que GRATIOLET appelait le *lobe central* (*lobus opertus*, ARNOLD ; *lobus caudicis*, HENLE), situé dans cette région de la scissure de SYLVIUS que ROLANDO appelait déjà vallée de SYLVIUS, est, chez les carnivores, les artiodactyles, les cétacés, les singes et l'homme, plus ou moins caché par une série de plis ou circonvolutions des lobes frontal, pariétal et temporal qui le recouvrent comme des toits (*opercules*). Du deuxième au troisième mois de la vie fœtale, ce lobe est encore à découvert chez l'homme (MENDEL). Dans les cas d'involution ou d'arrêt de développement du cerveau, chez maints idiots et microcéphales, cet état fœtal peut persister. La base de l'éminence triangulaire que représente l'insula est située en haut, la pointe, ou pôle de l'insula, en bas : cinq ou neuf petites circonvolutions (*gyri breves* d'ARNOLD) en partent, vers le septième mois de la vie intra-utérine, que divisent des sillons plus ou moins profonds interrompus par des tractus anastomotiques.

« Nous nous sommes demandé, écrit BOLE, pourquoi les phoques et les dauphins avaient un lobe olfactif rudimentaire ou complètement atrophié, alors que dans un autre groupe, celui des sélaciens, les squales et les requins avaient conservé et même développé l'organe olfactif et la partie du cerveau qui analyse et comprend les sensations perçues. Tous deux sont chasseurs, tous deux sont aquatiques ; si la vie aquatique a détruit le sens de l'olfaction chez l'un, pourquoi l'a-t-elle amélioré, augmenté chez l'autre ? Nous avons cru trouver l'explication dans ce fait que les requins ont toujours vécu de la vie aquatique, et la lutte pour l'existence les a forcés à rendre plus complet, mieux développé, l'organe qui leur était le plus utile ; pour vivre, il faut manger, et pour cela la chasse leur est indispensable ; les yeux sont, nous le voulons bien, d'un utile secours, mais nous croyons que le nez leur est indispensable ; rien, dans leur cerveau, ne leur permettrait de remplacer le sens de l'olfaction, si celui-ci venait à faire défaut… Le lobe olfactif de la raie, du squale, très probablement est *autonome*, il forme un cerveau spécial, analysant lui-même les sensations olfactives perçues ; rien, croyons-nous, ne pourrait remplacer ce lobe, véritable cerveau autonome, s'il venait à s'atrophier. » Chez les mammifères aquatiques où les membres, devenus inutiles, se sont aussi atrophiés et transformés en nageoires, l'appareil olfactif, le lobe limbique, qui était déjà dégénéré lorsqu'ils étaient des mammifères terrestres, a fini d'involuer lorsqu'ils ont dû vivre d'une vie aquatique, tandis que les lobes optiques, déjà relativement plus développés, ont continué d'évoluer dans le nouveau milieu, par une véritable sélection des organes cérébraux, qui devait assurer la survivance des plus aptes à la

conservation de l'individu et de l'espèce. Et de fait, l'appareil olfactif s'est ici à ce point dégradé que non seulement les nerfs olfactifs qui passent d'ordinaire par la lame criblée ont disparu : cette lame même est devenue pleine, les trous n'étant plus d'aucune utilité. Avec BROCA, BOLE considère l'espèce de balancement des organes ayant eu lieu entre les lobes olfactif et optique chez les mammifères aquatiques comme la cause déterminante du développement du lobe frontal chez ces êtres, et il rapporte à l'exercice prédominant du sens de la vue l'énorme différenciation morphologique qu'ont subie, chez ces mammifères, les circonvolutions du manteau (1).

De toutes la plus longue des circonvolutions de l'*insula* est la postérieure, *gyrus longus insulæ*, qui se continuerait, suivant GIACOMINI, avec le pied de la circonvolution frontale ascendante (FA) : la circonvolution antérieure de l'insula, la plus courte, est en continuité directe avec l'extrémité antérieure de F_3 et la portion orbitaire du lobe frontal : « Toute la base de l'insula est donc ainsi en rapport, écrivait le même savant anatomiste, avec le lobe frontal ; son développement en dépend sans doute (2). » Pour avoir une idée exacte des rapports de l'insula avec les lobes adjacents du cerveau, GIACOMINI a pratiqué des séries de coupes en différents sens sur des hémisphères durcis. Avant de parler des travaux de BROCA, d'EBERSTALLER et de GULDBERG sur le même sujet, nous rappellerons que les recherches de GIACOMINI ont confirmé celles de ROLANDO sur ce centre important du cerveau antérieur, considéré aujourd'hui par FLECHSIG comme un centre d'association du manteau au même titre que les grands centres d'association antérieur et postérieur, partant comme « un organe de la pensée ». Or, pour le centre insulaire, ainsi que pour les centres frontal et pariéto-occipito-temporal de même nature, l'étude des connexions anatomiques, quelque imparfaite qu'elle soit encore, demeure la seule explication des conditions dernières des fonctions.

Quels sont les rapports des circonvolutions de l'insula avec les tractus de substance grise et blanche interposés entre ce lobe et le noyau lenticulaire du corps strié ? ROLANDO avait signalé (3) entre les circonvolutions de l'insula et le ganglion extraventriculaire du corps strié, l'existence de « deux lames de substance blanche séparées par un mince tractus de substance grise » et appelé, l'externe, *lamina della valle del Silvio*, l'interne, *lamina dei processi enteroidi verticali* ; le tractus de substance grise séparant ces deux lamelles de substance blanche, c'est l'*avant-mur*, le *claustrum* de BURDACH, et la lame interne de substance blanche qui le sépare de la surface externe du noyau lenticulaire, c'est ce qu'on appelle également, depuis BURDACH, la *capsule externe* (la *lamina dei processi enter. vert.* de ROLANDO). Les extrémités antérieure et postérieure de l'*avant-mur* se perdent dans la substance grise des circonvolutions qui limitent, en avant et en arrière, la scissure de SYLVIUS, dans les *lobes frontal* et *temporal*. Par conséquent l'*avant-mur* doit être considéré comme une dépendance de la substance grise des circonvolutions de l'insula, dit GIACOMINI, et plus spécialement leur cinquième couche de cellules nerveuses, ou couches de *cellules fusiformes*. MEYNERT avait observé que l'*avant-mur* est uniquement constitué d'éléments nerveux identiques à ceux qu'il avait rencontrés en majorité dans la cinquième couche de son type général de l'écorce cérébrale ; il avait donc donné à cette couche le nom de *formation de l'avant-mur*. On appelle aussi cellules claustrales ces mêmes cellules

---

(1) D.-E. BOLE. *Le lobe limbique dans la série des mammifères*. Lille, 1893, 39-40, 69.

(2) GIACOMINI. *Guida allo studio delle circonvoluzioni cerebrali dell' uomo*. Torino, 1884. 92 sq.

(3) ROLANDO. *Della struttura degli emisferi cerebrali*, 1829.

fusiformes. Sur des cerveaux d'idiots, BETZ a souvent trouvé l'*avant-mur* presque indiscernable d'avec la substance grise des circonvolutions de l'insula. La *capsule externe*, qui a bien des rapports de voisinage avec le noyau lenticulaire, n'en soutiendrait ni de fibrillaires ni de vasculaires : les fibres qui la constituent seraient celles des fibres arciformes reliant la substance grise des circonvolutions des lobes qui environnent la scissure de SYLVIUS. Quant au mince tractus de substance blanche qui sépare l'écorce des circonvolutions de l'insula de l'*avant-mur*, et que ROLANDO avait fort bien nommé *lamina della valle del Silvio*, il serait formé de fibres nerveuses reliant entre elles les circonvolutions de l'insula, de même nature par conséquent que celles de la capsule externe, et désignées aussi par le nom de *fibræ arcuatæ*.

Quant à la partie du manteau occupant le fond de la scissure de SYLVIUS qui, sous le nom de *lobe de l'insula*, se développe et se différencie toujours davantage chez les primates, surtout chez les grands singes et chez l'homme, c'est, pour la situation et la constitution, le *lobule sous-sylvien* dont BROCA a décrit, chez les mammifères macrosmatiques, les deux plis sous-sylviens, le *pli temporo-frontal* et le *pli temporo-pariétal*. L'*insula* établit toujours, au fond et à l'entrée de la fosse de SYLVIUS, une communication entre le lobe temporal et le lobe frontal. D'après ses connexions, on doit, suivant BROCA, considérer l'*insula* comme l'analogue du *pli temporo-frontal* des mammifères osmatiques. Toujours simple chez les cébiens et les pithéciens, ainsi que chez les gibbons, l'insula se subdivise, chez les grands anthropoïdes et chez l'homme, en un certain nombre de plis qui convergent vers le pôle de ce lobe cérébral et qui, après avoir gagné les divers points de la rigole supérieure qu'ils traversent, se jettent profondément dans le lobe frontal.

Une erreur de BROCA touchant l'homme et les singes, répétée par ceux qui l'ont suivi, relative à la nature anatomique, et partant fonctionnelle, des circonvolutions transverses du lobe temporal, circonvolutions dont la *première* serait, d'après FLECHSIG, le principal point d'irradiation des faisceaux acoustiques, le siège des sensations élémentaires de l'audition, mérite d'être relevée ici. BROCA a décrit, chez les mammifères gyrencéphales (périssodactyles, artiodactyles, carnivores), deux plis de passage, superficiels ou profonds, situés au-dessus du noyau lenticulaire du corps strié et séparés par un sillon souvent parallèle au sillon de ROLANDO : 1° le pli de passage *temporo-pariétal* en rapport avec la circonvolution centrale postérieure ; 2° le pli de passage *temporo-frontal* en rapport avec le lobe frontal de ces animaux. Le *lobule sous-sylvien* est analogue au lobe de l'insula des primates ; l'*insula antérieur* devait s'être développé du pli de passage temporo-frontal du lobule sous-sylvien, pli situé dans le cerveau des osmatiques en avant de la scissure présylvienne ou rolandique : l'*insula postérieur* du pli de passage temporo-pariétal qui passe de cette partie du lobe pariétal situé en arrière de la scissure présylvienne ou rolandique, mais en avant de la scissure de SYLVIUS. Or, sur le lobule de l'insula des primates et de l'homme BROCA distinguait, outre l'insula proprement dit, un pli de passage temporo-pariétal, lequel n'est autre, en réalité, que les circonvolutions transverses du lobe temporal [illegible] de HESCHL (1876, 1878). Des coupes pratiquées par OBERSTALLER il résulte bien que

les *gyri transversi*, n'étant pas situés au-dessus du noyau lenticulaire, ne doivent pas être considérés comme appartenant à l'insula, mais à la face interne de T_1 ; ces plis ne sont nullement l'analogue, chez les primates, du pli de passage temporo-pariétal des mammifères gyrencéphales : celui-ci est chez l'homme le *gyrus longus* de l'insula postérieur. Et cette circonvolution satisfait à tout ce qu'implique ce pli de passage : 1° elle est située au-dessus du noyau lenticulaire ; 2° elle est en rapport, par une strie de substance grise, avec la pointe du lobe temporal ; 3° elle passe dans la circonvolution pariétale ascendante (PA), fondement commun des circonvolutions du lobe pariétal. On remarquera que, au fur et à mesure que la croissance du lobe frontal repoussait en arrière la scissure de Rolando, l'insula antérieur s'est allongé avec le lobe frontal chez les primates, et surtout chez les anthropoïdes et chez l'homme, en même temps que le lobe temporal s'étendait en avant (Meynert). La scissure centrale qui sépare les deux insula chez l'homme est certainement en correspondance avec l'extrémité inférieure du sillon de Rolando de la convexité du manteau dont Eberstaller a démontré l'homologie avec la scissure présylvienne (Krueg) des mammifères autres que les primates.

Le *territoire insulaire* se développe à partir de la fin du quatrième mois : sa surface s'élève, mais demeure plusieurs mois encore absolument lisse. Au cinquième, au sixième mois, sa convexité se dessine surtout à la partie antérieure ; aux septième et huitième mois, apparaît la forme triangulaire du pôle insulaire, avec ses trois faces, qui peuvent rester jusqu'au septième mois et au delà toujours lisses, sans plis. Sur des pièces bien durcies, Retzius a pu apercevoir, dans la seconde moitié du cinquième mois, la scissure qui correspond au *sulcus centralis insulae* de Guldberg et divise dès lors l'insula en *insula posterior*, plus petit, et *insula anterior*, plus grand (parties mieux désignées par les mots de *lobulus insulae posterior* et *lobulus insulae anterior*). Cette scissure, plus marquée aux sixième et septième mois, peut manquer quelquefois ; il existe des cas assez nombreux où, nettement tracée sur un hémisphère, cette scissure n'est pas encore indiquée sur l'autre. Relativement à l'époque d'apparition des scissures et circonvolutions de l'insula, les opinions varient beaucoup. Il faut sans doute tenir compte, outre les différences individuelles, des états de nutrition du fœtus et de la santé de la mère. En général, les scissures sont indiquées aux septième et huitième mois ; elles ont acquis au neuvième mois la forme caractéristique qu'elles conserveront. Les observations de Retzius s'accordent à ce sujet avec celles de Marchand (1) qui, sur des cerveaux durcis de cinq à six mois, n'a pu trouver traces de scissures et a pu se convaincre, sur un cerveau frais de 24 semaines, que la surface de l'insula était encore complètement lisse. A cinq et six mois, les scissures de cette province du télencéphale sont donc encore, d'après les recherches de Retzius et de Marchand, très faiblement indiquées et peuvent surtout manquer, même au septième mois (2).

L'*insula* est presque circulairement environné d'un profond sillon, le *sulcus circularis insulae* (Schwalbe) ; en réalité il est plutôt triangulaire et le cercle est ouvert en bas et en avant. Ce « sillon circulaire » se subdivise en trois : 1° le *sulcus anterior* sépare l'*insula* de l'*operculum orbitale* ; le *sulcus superior* le sépare de l'*operculum fronto-pariétale*, et le *s. inferior* de l'*operculum temporale*. Le *sulcus centralis* (3) de Guldberg,

---

(1) Marchand (Marburg). *Die Morphologie des Stirnlappens und der Insel der Anthropomorphen.* Iéna, 1893.

(2) G. Retzius. *Das Menschenhirn* (Stockholm, 1896), p. 27 sq., 148 sq. V. les travaux de Henle, Schwalbe, Guldberg, Eberstaller, Cunningham, Marchand.

(3) Le *sulcus centralis insulae* se termine dans l'*incisura gyri olfactorii lateralis* ; l'extrémité

sillon le plus profond et le plus constant de l'insula, jamais segmenté, et qui divise l'insula en régions antérieure et postérieure, a donné lieu à la division de l'insula en *insula anterior* et *insula posterior* (il vaudrait mieux dire, suivant Retzius, *lobulus insulae anterior* et *lobulus insulae posterior* comme pour le lobe pariétal). Marchand distingue trois faces insulaires : sur l'insula humain on peut discerner trois faces qui se réunissent au pôle, à la pointe de la pyramide triangulaire de l'insula ; une *inférieure* (postérieure), sous l'*operculum posterius* du lobe temporal, une *supérieure*, près de la face interne susjacente de l'*operculum superius* ; une *antérieure*, à proximité de l'*operculum anterius*. La configuration de ces faces dépend évidemment en partie des opercules qui leur sont opposés, ce dont on peut déjà se convaincre sur le cerveau fœtal, où la face supérieure présente souvent des dépressions et des élévations (sur des cerveaux durcis avec les méninges) correspondant aux sommets des plis et aux sillons de la face adjacente de l'*operculum superius*. La face supérieure est la plus étendue ; l'inférieure la plus petite. Entre les faces inférieure et antérieure on peut encore distinguer une quatrième petite facette qui correspond à peu près au *limen insulae* (Schwalbe). La pyramide serait alors quadrangulaire. Les faces antérieure, supérieure et antéro-inférieure appartiennent au *lobulus anterior* ; la face postéro-inférieure au *lobulus anterior*. Sur le *lobulus insulae posterior*, séparé en avant du lobule antérieur par le sillon central de l'insula, on distingue d'ordinaire deux circonvolutions constamment séparées par un sillon longitudinal parallèle au *sulcus centralis*. Ce sillon est, suivant Marchand, le plus important et le premier qui apparaisse. Retzius a observé le contraire chez l'embryon. Il préfère pour ce sillon la dénomination de *sulcus postcentralis insulae* à celle de *sulcus longitudinalis insulae* que lui a donnée Marchand.

L'*operculum temporale* est à proximité du *lobule postérieur* de l'*insula* : à bien y regarder, on découvre que non seulement quelques-unes des *circonvolutions temporales transverses antérieures*, mais en partie aussi le *gyrus transversus primus* de Heschl *font partie du lobulus insulae posterior*.

Le *lobule anterieur de l'insula*, le plus grand, possède une face externe, une face antérieure et une facette inférieure. Sur la première on distingue d'ordinaire au-devant du *sulcus centralis* trois sillons et quatre circonvolutions rayonnant de bas en haut. Le *gyrus centralis anterior insulae* correspond indirectement au *gyrus centralis anterior* (FA) du *lobe frontal*. Le sillon qui se trouve devant le *gyrus centralis anterior insulae*, désigné comme *sulcus praecentralis insulae*, est un sillon constant, mais de forme souvent variable et dont la profondeur n'atteint jamais celle du *sulcus centralis insulae*. Le sillon précentral de l'insula reçoit l'extrémité supérieure du pli le plus postérieur de l'*operculum frontale superius*. Le territoire insulaire situé en avant du *sulcus praecentralis* du lobule antérieur de l'insula est constitué par deux brèves circonvolutions séparées par un sillon également court s'étendant jusqu'au *pôle de l'insula* ; l'antérieure de ces deux circonvolutions forme le bord antérieur de la face supérieure. Le territoire commun de ces deux circonvolutions est d'ordinaire aplati, car ici, tout à proximité, est le pli de l'*operculum frontale*, poussé en avant du *sulcus praecentralis* du *lobe frontal*. Lorsque le pli de l'opercule considéré est très développé, tout ce même territoire du lobule antérieur de l'insula peut être encore plus déprimé. Ces deux circonvolutions (gyrus brevis primus et secundus), qui sont quelquefois au nombre de trois (*gyrus brevis intermedius*), sont

---

supérieure de ce sillon reçoit l'extrémité supérieure du pli le plus postérieur de l'*operculum frontale superius*. Il en résulte que le *sulcus centralis insulae* correspond indirectement au *sulcus centralis* ou *sillon* de Rolando de la convexité du cerveau.

les *gyri breves insulae* (Eberstaller, etc.) ; le sillon qui les sépare est le *sulcus brevis*. Le *gyrus brevis secundus* (avec le *gyrus brevis intermedius* quand il existe), correspond au pli de l'*operculum frontale*, partie de la branche inférieure du *sulcus praecentralis* du *lobe frontal*. Le *gyrus brevis primus* par son bord externe et antérieur correspond au *ramus ascendens* ou branche ascendante de la scissure de Sylvius et sort du *sulcus circularis* au point où le *sulcus anterior* part à angle droit du *sulcus superior*. Le bord libre inférieur de la surface antérieure de l'insula est formé par une *circonvolution marginale* qui va en dedans au bord orbitaire du lobe frontal et s'y relie (*gyrus transversus insulae* d'Eberstaller). Cette région de l'écorce renferme, au moins pour la plus grande partie, le *gyrus olfactorius lateralis* du rhinencéphale : la partie postérieure du *gyrus transversus insulae* appartient ainsi, morphologiquement, non au *pallium*, mais au rhinencéphale.

Le pôle de l'insula, le *gyrus polaris insulae*, représente une courte circonvolution, à direction sagittale, où se rencontrent le *gyrus centralis anterior* et les *gyri breves*. Eberstaller a signalé sur le pôle insulaire un petit sillon spécial, le *sulcus polaris insulae*. Enfin la facette de la face inférieure du pôle de l'insula correspond manifestement au *limen insulae* de Schwalbe.

L'*insula* de l'ours est à celui des carnivores inférieurs tout à fait comme l'*insula* des anthropoïdes est à celui des singes inférieurs. L'insula des carnivores correspond uniquement au territoire de l'*insula postérieur* (ou inférieur) des primates, par conséquent aux deux circonvolutions longitudinales des anthropoïdes et de l'homme. La *partie antérieure* n'est, pour ainsi dire, point développée, car l'*operculum superius* fait encore presque complètement défaut. Il n'existe pas de place non plus pour le déploiement de la surface de l'insula sous les parties sus-jacentes. L'*insula* des carnivores atteint chez l'ours son plus haut développement : elle a ici la forme d'une longue circonvolution arquée ; cette forme résulte d'une évolution déjà avancée ; il est donc inexact de dire que la forme primitive de l'insula est celle d'une circonvolution arciforme. Les carnivores et les primates ne représentent point une série continue ; les primates les plus inférieurs ne sauraient être rattachés aux carnivores les plus élevés. Chez les singes inférieurs, Cunningham a trouvé l'insula ou tout à fait lisse ou présentant soit un sillon (*sulcus centralis*), soit deux, ou même trois ; le *sulcus centralis* et le *postcentralis* se montrent le plus souvent avec les circonvolutions correspondantes très faiblement développées. Chez le cebus on trouve en outre un *gyrus transversus*. L'opercule frontal et orbitaire manque totalement chez les singes, écrit Cunningham ; il en résulte qu'une portion de l'insula demeure libre à la surface du cerveau et n'est pas recouverte. La partie recouverte de l'insula est chez les singes beaucoup plus petite que chez l'homme. La circonvolution frontale inférieure des singes diffère donc beaucoup de celle de l'homme. La branche antérieure de la scissure de Sylvius des anthropoïdes correspond au bord libre antérieur de l'opercule fronto-pariétal. D'après Wal-

DEYER, le développement de l'*insula* se peut suivre en remontant la série qui va du gibbon à l'orang, au chimpanzé, au gorille et à l'homme (1). Le type morphologique du cerveau même des primates les plus inférieurs, dont les cerveaux sont encore tout à fait pauvres en circonvolutions, laisse déjà paraître des signes évidents d'un développement qui consistera dans la formation des lobes et de la *fossa Sylvii*. « C'est de ces nouvelles formations, qui renferment et comprennent sans aucun doute les éléments du cerveau des carnivores, que l'on voit sortir les différenciations ultérieures, différenciations dont le progrès aboutira au cerveau humain, le plus élevé de tous » (2).

Morphologie et physiologie comparées du grand lobe limbique. Centres olfactifs du cerveau des mammifères. — Chez aucun peuple et dans aucun temps, personne n'a mieux montré que PAUL BROCA la grandeur et l'importance scientifique de l'anatomie comparée dans l'étude des fonctions du cerveau en général et, en particulier, dans celle des localisations fonctionnelles. LEURET, qui encore après sa mort a inspiré tant de beaux travaux de PIERRE GRATIOLET, avait établi, parmi les mammifères, jusqu'à quatorze groupes caractérisés par autant de types cérébraux distincts. A la fin il se demanda : « Y a-t-il des degrés intermédiaires entre tous les cerveaux ? » (3). LEURET témoigne nettement qu'il a vu tout l'intérêt d'une pareille question pour l'anatomie et aussi pour la « physiologie ». BROCA a répondu. Sans se laisser égarer par les différences excessives que présente la morphologie cérébrale dans les divers groupes des mammifères, il a eu l'intuition profonde des *connexions anatomiques* qui sous les dissemblances permettent presque toujours de saisir les ressemblances des caractères fondamentaux, variables en degré, non en nature, alors même que la « croissance » et la « décroissance » des parties du cerveau peuvent changer « à tel point la forme de la région correspondante, ou même celle de l'hémisphère entier », que la morphologie de l'organe en soit considérablement modifiée. Mais il ne s'agit toujours, chez les mammifères, que de modifications, d'évolution, d'involution relative des diverses parties préexistantes du manteau, non de créations

---

(1) WALDEYER. *Ueber die Insel der Anthropoiden*. Bericht üb. die XXII allg. Vers. d. deutschen anthrop. Ges. zu Danzig, Aug., 1891. Correspondenzbl. der d. Ges. f. Anthrop., Jahrg., XXII, 1891.

(2) MARCHAND. *Die Morphologie des Stirnlappens und der Insel der Anthropomorphen*. Iéna, 1893.

(3) LEURET et GRATIOLET. *Anat. comparée du syst. nerv. considéré dans ses rapports avec l'intelligence*. Paris, 1839, 400.

nouvelles, d'apparition brusque d'organes inconnus, de révolutions de la surface des hémisphères cérébraux. Ici encore c'est la théorie des transformations lentes et continues qui a permis à Broca de retrouver, dans le cerveau des primates, les diverses parties du cerveau des autres mammifères, de déterminer la genèse et la « filiation » de ces changements, et d'en reconnaître « la raison d'être » : « L'anatomie comparée peut nous révéler certaines connexions, certaines solidarités anatomiques et fonctionnelles que la dissection la plus attentive du cerveau n'a pu constater jusqu'ici, et l'interprétation de ces faits anatomiques peut être d'un grand secours dans les recherches des *localisations cérébrales*. »

Les mémoires de Broca sur *le grand lobe limbique et la scissure limbique dans la série des mammifères,* ainsi que les *Recherches sur les centres olfactifs,* nous paraissent d'impérissables monuments élevés à la science de l'anatomie comparée et des localisations fonctionnelles du cerveau (1). C'est de cet esprit qu'il faut s'inspirer, et c'est dans cette direction d'études que devront s'engager tous ceux qui ont encore conscience qu'un fait n'est connu que lorsqu'il est intelligible. C'est en France qu'ont été cultivées pour la première fois ces belles études d'anatomie comparée qui ont permis à Rabl-Rückhard, à Steiner, à Edinger, de retrouver et de reconstituer, par la connaissance des structures et des connexions des organes centraux du système nerveux, la nature et l'étendue de ces fonctions primordiales du névraxe dont la vie de nos sens et de notre intelligence n'est que la continuité et la perpétuité.

« Il y a, dit Broca, dans le manteau de l'hémisphère, une partie commune à tous les types cérébraux des mammifères : c'est le *grand lobe limbique* qui, tantôt grand, développé et distinct dans toutes ses parties, tantôt plus ou moins modifié par l'atrophie et par la fusion, *conserve toujours néanmoins son identité anatomique*. Peu variable chez les osmatiques, presque étranger aux changements qui s'effectuent autour de lui, il reste toujours assez semblable à lui-même pour que la détermination de ses diverses parties et la démonstration de leur analogie soient de la dernière évidence; il fournit donc une base certaine pour la comparaison et le classement des plis qui se produisent dans le reste du manteau et qui, tout en revêtant des formes protéiques, conservent avec lui leurs connexions caractéristiques; puis, lorsqu'il devient, chez les anosmatiques, le siège d'une atrophie qui modifie notablement quelques-uns de ses caractères, ces mêmes connexions permettent, d'une part, de retrouver en lui tous les éléments essentiels de sa constitution, de déterminer, d'une autre part, les rapports analogiques des circonvolutions qui l'entourent et des scissures qui y aboutissent, et de constater ainsi que *tous les types céré-*

---

(1) Paul Broca. *Mémoires sur le cerveau de l'homme et des primates*. Paris, 1888. Cf. S. Löwenthal. *Ueber das Riechhirn der Säugethiere*. (Festschr. z. 69 Vers. d. Naturf. u. Aerzte. Braunschweig, 1897.)

braux, jusques et y compris celui des primates, ne diffèrent les uns des autres que par des caractères d'évolution, c'est-à-dire par la *forme* et le *volume relatif*, et non par la nature de leurs parties constituantes. »

Le grand lobe limbique, siège de la vie psychique la plus intense chez tous les mammifères, puisque c'est dans cette région que retentissent les impressions les plus nombreuses, que s'organisent les perceptions les plus vives du monde extérieur pour ces êtres, où elles persistent sous forme de représentations ou d'images olfactives, domine bien, en effet, toute l'architecture du cerveau antérieur : en connexion avec toutes les autres parties des hémisphères, l'étude des transformations par lesquelles ont passé les trois grands centres qui le constituent sur les faces inférieure, interne et externe du manteau ne laisse pas seulement apercevoir l'unité toujours grandiose, même sous ses ruines, de cette sorte de construction antique des plus vieux âges de la pensée; elle nous permet d'entrevoir comment toute la morphologie des hémisphères du cerveau des primates est la suite et l'effet nécessaire des variations fonctionnelles d'un sens et des organes de ce sens.

Rapports du lobe olfactif avec le lobe frontal, le lobe de l'hippocampe et le lobe du corps calleux chez les mammifères osmatiques, les primates et les cétacés. — Chez les mammifères terrestres inférieurs, les premiers indices d'une scissure sur la convexité du cerveau encore sans circonvolution sont ceux qui marquent déjà la limite externe du lobe olfactif et du lobe de l'hippocampe, tandis que, sur la face interne, une légère dépression dessine la limite supérieure de la circonvolution ou lobe du corps calleux. Ce que Broca devait appeler le *grand lobe limbique* a donc déjà commencé à se distinguer du reste du manteau ou *pallium* des hémisphères.

Il est composé de trois parties : 1° le *bulbe olfactif*, faisant saillie en avant du pôle frontal du cerveau et se prolongeant, en arrière, avec la circonvolution de l'hippocampe, en haut, avec le lobe du corps calleux; 2° le *lobe de l'hippocampe*, formant l'arc inférieur; 3° le *lobe du corps calleux*, formant l'arc supérieur. Le lobe du corps calleux et celui de l'hippocampe, réunis en avant par la base du lobe olfactif, se continuent en arrière sous le bourrelet du corps calleux. Les deux arcs du grand lobe limbique se rejoignent ainsi en arrière comme en avant. Du *pédoncule du bulbe* ou *lobe olfactif*, creusé chez l'embryon d'une cavité qui se continue avec le ventricule latéral, et qui persiste chez quelques mammifères adultes, sortent quatre *racines olfactives* : les deux principales, qui sont blanches, divergent, l'*interne* sur l'origine du lobe du corps calleux, l'*externe* sur le bord de l'hippocampe; la troisième racine olfactive, racine *moyenne*, dont la couche grise occupe l'*espace quadrilatère* de Broca, et dont les fibres blanches, motrices, se continueraient, par le pédoncule cérébral, avec celles de la moelle, non sans contracter de rapport avec la *commissure cérébrale antérieure*; la quatrième racine olfactive, racine *supérieure* ou frontale, en continuité avec la substance blanche des deux circonvolutions frontales orbitaires. Ce centre olfactif orbitaire existe, dit Broca, chez tous les mammifères doués à un degré quelconque de l'odorat. Quant aux connexions de la racine olfactive moyenne avec la commissure cérébrale antérieure, Desmoulins avait cru remarquer que le volume de cette commissure est en rapport avec le degré de développement du lobe olfactif dans la série des vertébrés. La nature des fonctions attribuées par Broca aux fibres blanches de la racine moyenne prou-

verait que « le lobe olfactif n'est pas seulement un organe de réception et de transmission » : ce serait aussi « un organe excito-moteur, capable de transformer directement en action motrice les impressions olfactives que lui apportent, à travers la lame criblée, les nerfs des fosses nasales ». Quoi qu'il en soit, le *lobe olfactif* est en connexion directe avec trois centres distincts du cerveau antérieur : le *lobe frontal*, le *lobe de l'hippocampe*, le *lobe du corps calleux*. Les limites des trois centres olfactifs distincts du manteau des hémisphères sont donc : 1° pour le centre olfactif *antérieur* ou *orbitaire* du lobe frontal, le *tiers postérieur des deux premières circonvolutions frontales orbitaires* et, pour la deuxième circonvolution orbitaire, jusqu'au niveau de l'incisure en H. Chez les primates et l'homme en particulier, le centre olfactif antérieur occupe, sur les deux circonvolutions orbitaires, l'espace compris entre le bord antérieur de la vallée de Sylvius, où se termine le lobule orbitaire, et le point où les branches de l'incisure en H sont ordinairement unies par une incisure transversale. La première circonvolution orbitaire reçoit, comme la seconde, sur son extrémité postérieure, l'insertion de la racine olfactive supérieure. 2° Pour le centre olfactif *postérieur* du lobe de l'hippocampe, sur la face *externe* des hémisphères, le *tiers antérieur de ce lobe*. 3° Pour le centre olfactif *supérieur* du lobe du corps calleux, sur la face *interne*, le carrefour de l'hémisphère et la *première partie du lobe du corps calleux*.

Le *rhinencéphale* est toutefois bien distinct du *pallium*.

Le *rhinencéphale* (Turner), atrophié chez l'homme, se partage en deux régions. L'antérieure comprend le *lobus olfactorius* et l'*area parolfactoria* ; la postérieure, le *gyrus subcallosus* et la *substantia perforata lateralis* avec la *stria olfactoria lateralis* (1). D'importantes connexions relient ces parties du rhinencéphale d'une part avec l'*uncus* et le *nucleus amygdalae*, de l'autre avec l'*hippocampe* ou *gyrus hippocampi*.

Flechsig, qui a divisé la sphère olfactive en deux parties, l'une *frontale*, l'autre *temporale*, fait rentrer dans la première « tout le bord postérieur du *lobe frontal* et la base du *gyrus fornicatus* », et attribue à la seconde l' « *uncus* et une partie du pôle voisin du *lobe temporal* ». On distingue dans le *lobus olfactorius*, le *bulbus* et le *tractus olfactorius*, ce dernier passant dans le *trigonum olfactorium*. Le *bulbe* olfactif présente une structure du caractère de celui de l'écorce cérébrale ; il reçoit les arborisations cylindraxiles des cellules olfactives de la muqueuse olfactive et donne naissance à des fibres qui, après avoir subi un entrecroisement partiel (Obersteiner) se dirigent en arrière dans le *tractus olfactorius* et se distribuent aux différentes aires du rhinencéphale, au *lobe temporal*, à l'*area parolfactoria*. La masse du *trigonum olfactorium* passe en dedans dans l'*area parolfactoria* qui correspond à la région frontale de la sphère olfactive de Flechsig. Extérieurement le *trigonum olfactorium* fait partie du territoire de la F_3, en haut il s'étend à la masse du *nucleus caudatus* et à la base du *nucleus lentiformis*. En arrière du trigone olfactif est la *substantia perforata*. Du *tractus olfactorius* s'étend, au-devant de la *substantia perforata lateralis*, la *stria olfactoria lateralis*, dont quelques fibres entrent dans la *substantia perforata lateralis* ; celle-ci passe dans le *gyrus subcallosus* qui s'élève sur la face interne du cerveau jusqu'au *rostrum corporis callosi* (Zuckerkandl). A la base du cerveau, le *gyrus subcallosus* et la *substantia perforata lateralis* sont limités en arrière par l'*ansa peduncularis*, région en rapport avec l'*uncus* et le *nucleus amygdalae*.

---

(1) Eb. Nebelthau. *Gehirndurchnitte zur Erläuterungen des Faserverlaufes*. Wieb , 1898, p. 52 sq.

Parmi les fibres du *tractus olfactorius* quelques-unes vont donc par la *stria olfactoria lateralis* à l'*uncus*; d'autres passent du côté interne dans l'*area parolfactoria (stria olfactoria medialis)*; d'autres gagnent la base du *nucleus caudatus* et du *nucleus lentiformis*; celles qui sont réunies à la base du *nucleus caudatus* se rattachent à la *commissura anterior*.

Le territoire frontal du *rhinencéphale* se trouve surtout relié au territoire temporal par les longues fibres du *fasciculus olfactorius* de Zuckerkandl : il se distribue au *gyrus subcallosus* en avant de la *commissure antérieure* jusqu'à la *lamina septi pellucidi* où ses fibres rejoignent celles du *fornix* et passent avec elles dans l'*hippocampus*. A la base du cerveau, tout près de l'extrémité du *rostrum corporis callosi*, de nombreuses masses grises sont en rapport avec ce faisceau. Une partie des fibres du *fasciculus olfactorius* semble en rapport avec ces cellules, tandis qu'une autre se rend dans la *substantia perforata lateralis*. Dans cette région passent aussi des fibres en connexion avec le *nucleus amygdalae*, de sorte que la région *frontale* du *rhinencéphale* est reliée au lobe *temporal* en partie par des *fibres courtes (stria olfactoria lateralis*, fibres du *nucleus amygdalae)*, en partie par des *fibres longues (fasciculus olfactorius)*. Aux fibres de la dernière espèce appartiennent aussi les *voies longitudinales, internes et externes*, ainsi que le *fornix longus*.

Les *striae longitudinales, mediales* et *laterales*, après avoir d'abord suivi le même trajet, s'arborisent dans des territoires différents de l'écorce. Les premières, sorties de la région *frontale* du rhinencéphale près de l'extrémité inférieure du *rostrum corporis callosi*, vont en passant au-dessus du corps calleux à la *fascia dentata hippocampi*; les secondes se distribuent au *gyrus cinguli*.

Un grand nombre de fibres relient le *rhinencéphale* au *thalamus opticus*: des fibres provenant de différents territoires du rhinencéphale se rendent au *nucleus medialis thalami optici* en passant dans le *pedunculus thalami inferior* : fibres issues de la région du *nucleus amygdalae* et de la *substantia perforata lateralis*; fibres de la base du *nucleus caudatus* et du *nucleus lentiformis*, où arrivent des fibres du *tractus olfactorius*.

Les fibres de la *stria medullaris thalami*, qui se terminent sans doute dans le *nucleus habenulae* (Edinger), sont en connexion avec la région temporale comme avec la région frontale du rhinencéphale.

La région *temporale* du *rhinencéphale*, et spécialement le *nucleus amygdalae*, est de son côté en rapport avec le *thalamus opticus* par la *radiatio basalis*, fibres qui montent du *noyau de l'amygdale* sur le côté du *corpus geniculatum laterale* au *pulvinar*. A ces fibres viennent s'en joindre d'autres du *gyrus hippocampi*. Enfin les faisceaux du *fornix* servent aussi à relier la partie *temporale* du *rhinencéphale* aux parties de l'*hypothalamus*

(*corpus mammillare*) et du *thalamus opticus* par l'intermédiaire du *fasciculus thalamomammillaris*.

De même que les régions frontales du *rhinencéphale* sont réunies entre elles par des fibres qui passent dans la partie antérieure de la *commissura anterior*, les régions temporales le sont par la *commissura hippocampi*. La partie antérieure de la *commissura anterior*, bien développée chez les animaux osmatiques, n'est plus, chez l'homme, que réduite à quelques fibres. La partie postérieure de cette commissure est au contraire très développée chez l'homme, sans qu'on puisse encore l'expliquer clairement. L'idée que ces fibres reliaient les deux lobes temporaux a régné jusqu'à ce que Popoff ait montré que les *gyri linguales* sont commissurés par des fibres de la *commissura anterior*. « Selon moi, écrit E. Nebelthau, une partie de ces fibres relie aussi les deux noyaux de l'amygdale et sert ainsi aux fonctions de l'appareil olfactif. » Les fibres de la commissura hippocampi (*psalterium*), qui montent de la *fimbria hippocampi* avec celles du *fornix*, se séparent du pédoncule du fornix (*crus fornicis*) pour passer d'un côté à l'autre au-dessous du *splenium corporis callosi*.

L'existence d'une fonction commune à ces deux derniers lobes, le lobe de l'hippocampe et le *gyrus fornicatus*, celle de l'olfaction, n'impliquait pas, pour Broca, qu'ils fussent exclusivement, dans toute leur étendue, affectés à l'olfaction. L'anatomie comparée lui avait démontré que, outre la fonction de l'odorat, le lobe de l'hippocampe devait en posséder d'autres, de nature encore inconnue, et il en était sans doute de même du lobe du corps calleux. Chez les mammifères macrosmatiques, en effet, le lobe du corps calleux acquiert son plus grand volume au-dessus du genou du corps calleux, à proximité de la racine olfactive interne ; ce lobe diminue ensuite, d'avant en arrière, jusqu'au-dessous du bourrelet du corps calleux où il se continue, par sa partie la plus étroite, avec le lobe de l'hippocampe. Chez les primates (chimpanzé), c'est au contraire l'extrémité antérieure du lobe du corps calleux qui est la plus étroite, la partie postérieure étant relativement aussi développée (ou même davantage) que chez les mammifères osmatiques : l'atrophie de la portion antérieure coïncide ainsi, chez les primates, avec celle du bulbe olfactif et de sa racine interne, ce qui rend manifestes les rapports du lobe du corps calleux dans cette région avec la fonction de l'olfaction. Quant à la persistance du volume normal de la portion postérieure de ce lobe, elle implique que cette région de l'organe possède une autre fonction que celle de la perception et de l'élaboration des impressions de l'odorat. Chez les cétacés, où l'absence de la racine olfactive interne devrait sûrement entraîner une atrophie bien plus marquée encore de la partie antérieure du lobe du corps calleux que chez les primates, c'est au contraire la partie antérieure

de ce lobe qui présente le plus de largeur. « En outre, cette partie antérieure, loin d'être déserte, est creusée de sillons qui la subdivisent en circonvolutions ou en plis secondaires, » semblables à ceux du reste du manteau, « caractère d'autant plus frappant, ajoute BROCA, que chez tous les autres mammifères, osmatiques ou anosmatiques, le lobe du corps calleux est toujours bien plus simple que les lobes extra-limbiques, et est même presque toujours tout à fait lisse. Cette partie se présente donc avec tous les caractères qui dénotent une pleine activité fonctionnelle, et ce fait serait tout à fait inexplicable si le lobe du corps calleux n'avait d'autres fonctions que celle de l'olfaction. La psychologie des cétacés est actuellement (et pour longtemps sans doute) trop inconnue pour que l'on puisse savoir quelles sont ces fonctions cérébrales. »

Que deviennent, chez les mammifères anosmatiques et microsmatiques (cétacés, carnassiers amphibies, primates), les organes périphériques et centraux du grand lobe limbique ? Ils persistent toujours, si l'on excepte les cétacés delphiniens, où ces organes ont cessé d'exister, mais plus ou moins considérablement atrophiés. Chez les primates, le bulbe olfactif est réduit à un petit renflement terminal, le *ganglion olfactif*; le pédoncule à une *bandelette olfactive*, longue, étroite et mince, souvent comparée, bien à tort, à un nerf (*nerf olfactif*), et les trois racines qui se détachaient, larges et volumineuses, de la base du lobe olfactif, ne subsistent plus qu'à l'état de vestige. Les trois centres olfactifs du cerveau antérieur, le centre orbitaire et ceux des lobes de l'hippocampe et du corps calleux, ont subi, ainsi que leurs racines olfactives, les racines supérieure, externe et interne, une diminution d'activité fonctionnelle qui a nécessairement retenti sur leur nutrition et, partant, modifié leur structure.

La racine olfactive *moyenne* a en partie disparu avec le centre qui lui correspondait dans le *lobe olfactif*. Chez les macrosmatiques, elle occupait tout l'*espace quadrilatère* de BROCA ; cette région est affaissée, creusée en une vallée profonde à l'origine de la scissure de SYLVIUS, la vallée de SYLVIUS ; elle prend maintenant le nom d'*espace perforé* de VICQ D'AZYR, parce que la très mince couche de substance grise qui la tapisse est criblée de trous, gros orifices vasculaires donnant passage à de nombreux vaisseaux de la pie-mère : la *substantia perforata anterior* n'est donc chez l'homme que ce qui subsiste de l'ancien territoire olfactif, ou espace quadrilatère (BROCA), dégénéré. Sur le bord interne de la *substantia perforata anterior* descendent jusqu'à la base du cerveau les faisceaux du corps calleux. On nomme *gyrus subcallosus* l'éminence qu'ils forment dans cette région interne de l'écorce des hémisphères à proximité de la base ; entre les deux *gyri subcallosi* se trouve une plaque de substance grise qui peut être suivie en haut jusqu'au genou du corps calleux : c'est la *lamina terminalis*, reste de la plaque terminale qui, chez l'embryon, limitait le cerveau antérieur primaire ; ce qui subsiste de cette formation, dont la substance grise est très délicate et se déchire facilement, s'avance à l'extrémité antérieure de la base du cerveau. Le sillon médian de la substance perforée antérieure mène jusqu'au bec

(*rostrum*) du corps calleux ; sous ce dernier et sur le côté du sillon médian sortent deux minces renflements allongés qui s'épanouissent en arrière contre l'écorce : ce sont les pédoncules de la cloison transparente (*pedunculus septi pellucidi*), qui se perdent ensuite sur la substance perforée antérieure. Des fibres de la racine olfactive *interne* paraissent être en rapport avec le *septum pellucidum* (Edinger). L'espace triangulaire situé entre le corps calleux, le genou et le bec de cette commissure jusqu'au *trigone cérébral* (*fornix*, voûte à trois ou quatre piliers), est rempli par les deux minces lames nerveuses de la cloison transparente : ces deux lames de substance grise restées entre le corps calleux et le fornix faisaient partie de la vésicule cérébrale antérieure secondaire ; les parois des hémisphères se continuent donc dans le *septum*, et la portion de la fente interhémisphérique qui a persisté entre les deux cloisons droite et gauche est le *ventricule de la cloison*, que recouvre le corps calleux. La face de la lame du septum qui regarde dans ce ventricule correspond ainsi à la face libre ou externe de l'écorce des hémisphères ; outre la couche superficielle des fibres tangentielles, on y trouve les couches stratifiées de cellules nerveuses pyramidales et autres du type à cinq couches, en allant du ventricule de la cloison dans les régions profondes. Du côté du ventricule latéral, au contraire, apparaît l'épendyme qui tapisse ces cavités. « Chez beaucoup d'animaux, la cloison transparente est manifestement moins réduite que chez l'homme ; on y reconnait des cellules nerveuses plus nombreuses et mieux développées (Obersteiner). »

Le désert olfactif de P. Broca. — Entre le bord postérieur du lobule orbitaire du lobe frontal et le bord antérieur du lobe temporal existe donc un vaste intervalle dont le fond est formé par l'espace perforé. Chez les mammifères osmatiques, la vallée de Sylvius, très peu déprimée, ne constitue pas une grande anfractuosité transversale de ce genre et reste d'ailleurs séparée de la scissure de Sylvius par la racine olfactive *externe*. La racine olfactive externe du bulbe olfactif se porte en dehors sur le bord antérieur de la scissure de Sylvius, se recourbe en arrière, franchit le fond de la vallée et va se jeter sur le *lobule de l'hippocampe*. Le cercle du grand lobe limbique semble donc complètement interrompu en avant par la vallée de Sylvius. L'origine du *lobe du corps calleux* n'est plus reliée directement au *lobe de l'hippocampe* par la base du *lobus olfactorius*. Il reste pourtant un vestige de cette connexion primordiale : les deux racines olfactives interne et externe vont toujours en effet de la base de la bandelette olfactive à l'origine du lobe du corps calleux et à l'extrémité antérieure du lobule de l'hippocampe. Peut-être la racine olfactive *interne* est-elle, nous le répétons, en connexion avec la cloison transparente. Chez les cétacés, la zone du centre olfactif supérieur devient déserte par suite de l'absence de la racine olfactive supérieure qui, chez les mammifères osmatiques, se distribue, à l'extrémité postérieure du lobe orbitaire du lobe frontal, aux deux circonvolutions longitudinales et parallèles, séparées par le sillon où se loge le pédoncule du bulbe olfactif (*sulcus olfactorius*). « Ce n'est pas sans étonnement, écrit Broca en parlant des cétacés, qu'on aperçoit sur ces cerveaux extraordinairement compliqués une région

entièrement lisse, qui occupe la partie postérieure du lobe orbitaire et qui se distingue du reste de la surface de l'hémisphère comme se dessine, sur une carte de géographie, un désert entouré de pays fertiles. Cette zone déserte, que j'appelle *désert olfactif*, n'occupe chez le Dauphin que le tiers postérieur de la surface, d'ailleurs très grande, du lobule orbitaire. »

Rien n'établit mieux, en tout cas, qu'un pareil fait d'observation, le rapport existant, quant aux localisations fonctionnelles de l'écorce cérébrale, entre le *lobe olfactif* et le *lobe orbitaire* du cerveau, puisque l'anéantissement du lobe olfactif chez ces mammifères a entraîné l'effacement des sillons et des plis d'une surface relativement considérable du manteau, autrefois en connexion avec la racine olfactive supérieure. De même la partie antérieure du lobule de l'hippocampe est extrêmement atrophiée par suite de l'absence de la racine olfactive externe. Quoique le lobe de l'hippocampe ne soit pas atrophié au même degré que le lobe olfactif, il ne forme pourtant plus, chez les mammifères anosmatiques, qu'une simple circonvolution qui se fusionne avec le lobe temporal quand celui-ci apparaît : chez les amphibies et chez les cétacés ce lobe n'est pas encore assez distinct du lobe pariétal pour constituer un vrai lobe ; mais, chez les primates, les anthropoïdes et l'homme, l'antique lobe de l'hippocampe n'est plus un lobe distinct : c'est la T_5. En perdant son indépendance fonctionnelle, le lobe de l'hippocampe a perdu son indépendance anatomique, son autonomie morphologique. C'est là, Broca l'a noté, « un fait général d'évolution ». La partie correspondante de la scissure limbique a aussi disparu, quoique non complètement, même chez l'homme blanc, où elle tend décidément à s'effacer : ce vestige de la scissure limbique, qui n'est plus que sillon limbique, Broca l'a retrouvé, dans les races humaines inférieures, quelquefois aussi prononcé que chez les singes. Les deux lobes qui formaient l'arc inférieur du grand lobe limbique, le lobe olfactif et le lobe de l'hippocampe, sont donc atrophiés chez les primates ; l'arc supérieur, le lobe du corps calleux, participe aussi à cette atrophie, mais surtout dans sa portion antérieure, la plus voisine du lobe olfactif. Au moins les scissures sous-frontale et sous-pariétale limitent-elles encore ici le grand lobe limbique.

Hypothèse de Broca sur l'origine olfactive de la supériorité intellectuelle du lobe frontal. — Toutefois, des modifications peuvent se produire dans un organe par suite d'un nouvel état de ses fonctions, j'entends de nouvelles localisations fonctionnelles. Quoique le lobe de l'hippocampe croisse et décroisse dans la série en même temps que le bulbe ou lobe olfactif et la racine olfactive externe, jamais il n'a disparu entièrement, en quoi il

diffère du centre olfactif antérieur ou orbitaire. D'un volume réduit au minimum chez les cétacés, moins atrophié chez les primates, qui possèdent encore un lobe olfactif rudimentaire, le lobe de l'hippocampe l'est encore moins chez les amphibiens, dont l'appareil olfactif est un peu plus développé que celui des primates. Du fait que le lobe de l'hippocampe, même fusionné en apparence avec le lobe temporal des primates, n'a point cessé d'exister, BROCA avait conclu que, si ce lobe était principalement affecté aux fonctions de l'olfaction, il devait « servir aussi à quelque autre usage encore inconnu ».

« Si, dit BROCA à ce sujet, une *fonction*, qui était assez importante pour occuper toute l'étendue de l'organe, s'atténue de manière à n'en occuper maintenant qu'une portion, il y aura, entre cette portion et le reste de l'organe, une *différence fonctionnelle qui n'existait pas auparavant* et qui pourra se traduire extérieurement par une démarcation plus ou moins nette. C'est ainsi que, chez les amphibies et les primates, le centre olfactif postérieur (le lobe de l'hippocampe) se dessine, sur la *partie antérieure de la circonvolution de l'hippocampe,* sous la forme d'un lobule moins atrophié que le reste de la circonvolution, et c'est ainsi encore que, sur la *seconde circonvolution orbitaire* des primates, une dépression ou une incisure transversale marque la limite du centre olfactif antérieur qui, *ayant cessé de s'étendre à tout le lobe orbitaire, a rétrogradé jusque-là.*» Chez les mammifères macrosmatiques, en effet, BROCA n'a relevé aucune démarcation analogue à celle qu'indique, chez les primates, l'incisure en H de la deuxième circonvolution orbitaire. « Serait-ce parce que le *centre olfactif antérieur occuperait toute la région orbitaire et s'étendrait jusqu'à la pointe du lobe frontal*? C'est fort probable, continue BROCA, et si l'on songe à l'importance prépondérante du rôle que joue chez ces animaux le sens de l'olfaction, on comprendra peut-être qu'une grande partie, ou même la *plus grande partie de leur lobe frontal, puisse être affecté aux actes intellectuels que ce sens met en jeu,* et on pourra même se demander si ce ne serait pas la *raison d'être* de la *supériorité intellectuelle du lobe frontal,* appelé, par ses connexions avec le *lobe olfactif,* à interpréter, à discuter sans cesse les sensations qui ont le plus d'utilité pour l'existence de l'animal. Devenu ainsi le siège des déterminations les plus importantes et constamment tenu en éveil, ce lobe acquerrait dans l'hémisphère une sorte d'hégémonie, et, sa prépondérance intellectuelle une fois établie, une fois devenue la loi du type cérébral des mammifères, se maintiendrait et se développerait ensuite par elle-même, en dépit des vicissitudes et de la décadence du lobe olfactif chez les anosmatiques (1). »

L'étendue et la complexité du sens de l'olfaction, chez l'immense majorité des mammifères, rendent ces considérations de BROCA bien dignes d'attention. Dans l'avenir, elles apparaîtront toujours plus vraisemblables ; un jour, peut-être, elles seront reconnues vraies. « La règle, en effet, comme il le dit, c'est que les mammifères sont osmatiques ; les anosma-

---

(1) PAUL BROCA. *Localisations cérébrales. Recherches sur les centres olfactifs. Ibid.*, 424, 429-30.

tiques font exception au type général des mammifères. » Le sens de l'olfaction cessa pourtant, chez un grand nombre de familles de mammifères, de jouer le rôle de « sens recteur », et, par l'effet de nouvelles adaptations au milieu, il perdit toujours davantage son importance chez ces animaux, au point de tomber au-dessous des autres sens ; ses appareils périphériques et centraux subirent une réduction de volume correspondant et toute la morphologie des hémisphères s'en trouva profondément modifiée. Relativement médiocre chez le cheval et l'éléphant, les plus favorisés à cet égard, le lobe frontal des mammifères se développe chez les carnassiers, l'ordre le plus voisin de celui des primates, pour atteindre, chez ceux-ci, des dimensions très grandes. La scissure de Rolando, située bien au-devant de la scissure de Sylvius, et obliquée d'arrière en avant chez les carnassiers, s'incline chez les primates de plus en plus en arrière et s'élève au-dessus de la partie moyenne de la scissure de Sylvius. Sous l'influence de la poussée antéro-postérieure exercée sur le reste de l'hémisphère par le *lobe frontal,* gêné en avant comme en bas par la résistance de la paroi crânienne, le *lobe pariétal* se subdivise en plusieurs régions que l'on désigne, d'après les noms des différents os du crâne, par les mots de *lobe occipital, lobe temporal* et *lobe pariétal.*

Origine des lobes pariétal, occipital et temporal. — En réalité, ces noms ne doivent pas faire illusion : ce ne sont pas des cerveaux nouveaux qui apparaissent chez les primates. Les *lobes frontal* et *pariétal* préexistaient dans le cerveau antérieur des mammifères ; sous les effets de la croissance et de l'allongement du lobe frontal dans le seul sens où cette croissance et cet allongement pouvaient se produire, le reste du manteau, c'est-à-dire l'écorce sous-jacente à l'os pariétal, se trouva refoulé en arrière et en bas, et les prolongements de ces parties du lobe pariétal dans ces deux dernières directions devinrent ce que les anatomistes ont appelé lobes *occipital* et *temporal.* Ainsi, du lobe pariétal, de ce vaste lobe qui avait jusqu'alors formé, chez les mammifères, presque toute la convexité des hémisphères, un tiers environ devint, chez les primates, le lobe occipital, un autre tiers le lobe temporal et le nom de lobe pariétal ne fut plus donné qu'à un territoire du même lobe s'étendant, sur la face externe, entre la scissure de Rolando et la scissure occipitale d'une part, de l'autre entre le bord sagittal de l'hémisphère et la scissure de Sylvius, et, sur la face interne, en avant du lobe occipital, à ce que Foville avait appelé le lobule quadrilatère, à ce que nous appelons le lobe carré ou avant-coin (Burdach). La fusion apparente de cette province démembrée du lobe pariétal avec le lobe du corps calleux lui avait même fait donner par Rolando le nom de « circonvolution crêtée ». Mais, si la scissure

sous-pariétale qui sépare la face interne de P^1 s'efface progressivement chez les primates, tandis que la scissure sous-frontale (*sulcus calloso-marginalis*. HUXLEY), séparant la F^1 interne du lobe du corps calleux, grandit au contraire et se développe, elle se reconnaît encore. « Le lobule quadrilatère ne fait pas partie du lobe du corps calleux, dit BROCA ; il n'appartient qu'au lobe pariétal, et quoique sa base soit en grande partie fusionnée avec le lobe du corps calleux, on y retrouve toujours le *vestige de la grande scissure sous-pariétale*. » La scissure sous-frontale de la face interne de l'hémisphère, s'étendant, en arrière de l'origine de la scissure de ROLANDO, entre le lobe paracentral, qui appartient au lobe frontal, et le lobe carré, qui appartient au lobe pariétal, existe chez tous les primates ; la scissure sous-pariétale existe chez tous les mammifères : l'une et l'autre limitent le grand lobe limbique ; elles font partie de la scissure limbique ; la différence qui existe entre ces deux scissures n'est donc pas essentielle.

Il me semble même que BROCA a trop insisté sur le développement du lobe frontal chez les primates au regard de la prétendue diminution de l'ancien lobe pariétal des mammifères, puisqu'il résulte des termes mêmes de l'hypothèse géniale de ce savant que les lobes occipital, temporal et pariétal actuels de l'homme ne sont qu'une « subdivision » en trois lobes de l'antique lobe pariétal des mammifères. « Il y avait, dit-il, chez les gyrencéphales osmatiques de trois à cinq circonvolutions pariétales : il n'y en a plus que deux chez les primates. La zone sagittale a une seule circonvolution, qui est la P^1, la zone sylvienne se réduit également à une seule circonvolution, qui est la P^2, et il ne reste plus qu'un seul sillon longitudinal, qui est le sillon pariétal (intrapariétal de TURNER). » Malgré cette double modification, il est, ajoute BROCA, facile de montrer l'analogie des circonvolutions pariétales chez les primates et chez les autres gyrencéphales. Le pli antérieur de la portion sylvienne du lobe pariétal (P^2), moins réduite que la portion sagittale (P^1) sur la face externe comme sur la face interne (lobe carré), contourne l'extrémité de la scissure de SYLVIUS (*lobule supramarginal*) pour aller constituer la première circonvolution temporale (T^1), le pli postérieur et inférieur de P^2, *le pli courbe* (GRATIOLET) ou gyrus angulaire, contourne l'extrémité du premier sillon temporal ou scissure parallèle, et va se continuer à la fois avec la seconde circonvolution du lobe temporal (T^2) et avec la deuxième circonvolution du lobe occipital (O^2). Ainsi, la portion postérieure de P^2 est *encore* en continuité directe, d'une part avec le *lobe temporal*, d'autre part avec le *lobe occipital*. La première circonvolution occipitale (O^1) n'est que la continuité du lobule pariétal supérieur (P^1) qui, sur la face externe, contourne l'extrémité de la scissure pariéto-occipitale,

et, sur la face interne du lobe occipital (*cuneus*), celle du sillon occipital transverse, lorsqu'il existe. Les trois circonvolutions de la convexité du lobe occipital appartiennent sur la face interne au *coin,* et par conséquent ont pour limite inférieure, sur ce côté, la *scissure calcarine,* qui n'est que l'ancien sillon calcarin agrandi et développé.

Le lobe occipital. — Morphologie comparée. — Embryologie et Histologie. — Quoique le type des circonvolutions du cerveau humain ne représente naturellement qu'un moment de l'évolution de celui des singes, aucun lobe, sur aucun point de l'écorce, ne diffère autant que le lobe occipital chez les singes inférieurs et chez l'homme. Chez *Cercopithecus, Inuus, Cynocephalus, Cebus,* etc., le lobe occipital est nettement séparé, sur la face externe, du lobe pariétal, par une profonde scissure (*scissure perpendiculaire* de Gratiolet) : le bord postérieur de cette scissure, c'est-à-dire le bord antérieur du lobe occipital, s'élève au-dessus de ce fossé ; il le recouvre comme un opercule (*opercule occipital*) et cache au fond de la scissure deux petites circonvolutions qui passent des lobules pariétaux supérieur et inférieur au lobe occipital. Gratiolet a donné le nom de *plis de passage* non seulement à ces deux circonvolutions, mais à celles qui unissent sur la convexité le lobe temporal au lobe occipital, et, sur la face interne, à deux plis qui unissent l'avant-coin ou lobe carré au *cuneus*. En réalité, sauf les deux premiers plis de passage chez ces singes, les autres ne diffèrent point des circonvolutions ou plis de l'écorce reliant les différents lobes du cerveau.

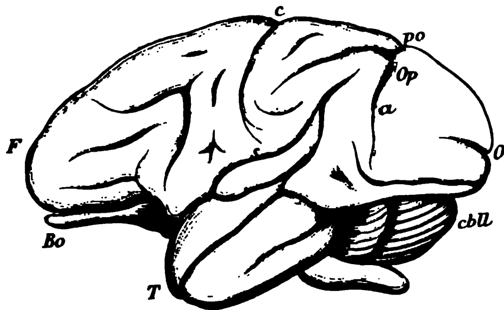


Fig. 6. — Cerveau de cercopithèque. Vue latérale. Grandeur naturelle. — *a*, scissure du singe. *Bo*, bulbe olfactif. *c*, scissure centrale. *cbll*, cervelet. *Op*, opercule occipital. — *po*, scissure pariéto-occipitale, *s*, scissure de Sylvius. *F*, pôle frontal. *O*, pôle occipital. *T*, pôle temporal.

Déjà chez nombre de singes supérieurs l'opercule fait complètement défaut, et, au lieu d'être profonds, ces plis de passage sont superficiels, ce qui enlève tout caractère spécial à ces circonvolutions. Or il en est ainsi chez l'homme. Ni dans le cerveau adulte, ni à aucune époque de la vie fœtale, ces circonvolutions ne présentent rien de particulier qui justifie le nom de « plis de passage » que leur a donné Gratiolet. Les deux plis de l'écorce cachés au fond de la scissure n'étaient, ainsi que l'opercule, que des particularités morphologiques des singes inférieurs qui ne se rencontrent déjà plus chez les singes supérieurs et qui manquent tout à

fait chez l'homme (1). Cette critique d'Ecker, que j'ai tenu à reproduire, parce qu'elle est d'une haute portée philosophique, et qu'elle ajoute en quelque sorte un nouveau chapitre à l'histoire de la paléontologie cérébrale, rend manifeste l'erreur que l'on commet en maintenant à la nomenclature des diverses parties du cerveau humain des dénominations qui convenaient sans doute aux singes inférieurs, mais qui, appliquées au cerveau de l'homme, n'ont plus aucun sens.

Comparé au reste de l'hémisphère, c'est un lobe fort petit que le lobe occipital de l'homme. Chez les singes, au contraire, la surface de ce lobe est extrêmement développée relativement aux autres lobes du cerveau. A son maximum de développement chez les Cynocéphales, beaucoup moins développé chez les Macaques, le lobe occipital est à son minimum chez l'Homme (2). Mais, au lieu d'être presque lisse, ainsi que chez les singes inférieurs, le lobe occipital de l'homme est plissé comme le reste de ses circonvolutions, ce qui multiplie la surface de l'organe, en rapport sans doute avec le nombre plus considérable, chez l'homme, des fibres des radiations optiques qui s'épanouissent dans le territoire calcarinien, assurant ainsi à ce mammifère une élaboration intellectuelle bien supérieure des impressions centrales de la vision.

Sur la face externe, qui est convexe, il n'existe pour ainsi dire aucune limite qui sépare le lobe occipital du lobe pariétal et du lobe temporal. Il est donc bien inutile de parler de plis de passage. De même pour la face inférieure, reposant sur le tentorium, et qui se continue avec le lobe temporal. La scissure pariéto-occipitale externe n'est guère chez l'homme, sur la convexité, qu'une faible incisure d'étendue très variable qui échancre le bord de l'hémisphère. Cette scissure s'étend souvent très loin sur les cerveaux de microcéphales, c'est-à-dire dans une affection qui n'est qu'un pur arrêt de développement, simple chapitre de l'idiotie, où se montrent des particularités morphologiques complètement étrangères à la série phylogénique, retentissant surtout sur les régions pariétales et occipitales; les deux premiers plis de passage externes redeviennent profonds, et, en s'avançant au-dessus de la scissure, le lobe occipital de ces êtres rappelle l'opercule des singes inférieurs; au lieu des sillons et des plis ordinaires, la surface de ce lobe est souvent aussi presque lisse, ce qui le fait ressembler davantage à l'opercule des singes. Répétons qu'il ne s'agit, chez les microcéphales, que d'arrêt de développement, non d'un retour atavique à quelque forme ancestrale de l'homme, comme l'avait cru C. Vogt. Aussi bien de toutes les régions de l'écorce cérébrale, le lobe occipital est le dernier à paraître; c'est, dit Giacomini, une « formation secondaire » (3).

---

(1) Alex. Ecker. *Die Hirnwindungen des Menschen*, 2te Aufl. Braunschweig, 1883, p. 26 sq. Cf. W. Kükenthal u. Th. Ziehen. *Untersuchungen über die Grosshirnfurchen der Primaten*. Jen. Zeitschr. f. Naturwiss., XXIX Bd. Gior. Mingazzini. *Il cervello in relazione con i fenomeni psichici*. Torino, 1895, p. 35 sq.

(2) Gratiolet. *Mémoire sur les plis cérébraux de l'homme et des primates*, p. 61, 97 sq.

(3) Giacomini. *I cervelli dei microcefali. Studio anat. della microc.* Istituto anatomico di Torino. Torino, 1890, 269 sq.

Les trois plis ou circonvolutions de la *face externe* du lobe occipital (O_1, O_2, O_3) sont en continuité directe de tissu : O_1 avec la première circonvolution pariétale (P_1), passant au-devant de la scissure pariéto-occipitale externe ; O_2 avec le pli courbe du lobule pariétal inférieur (P_2) et avec la deuxième circonvolution temporale (T_2) ; O_3 avec le lobe pariétal supérieur (P_1), les deuxième et troisième circonvolutions temporales (T_2 et T_3).

Le *gyrus descendens* unit ces trois circonvolutions à celles de la face inférieure du lobe occipital par un ou plusieurs plis qui contournent la fourche de la scissure calcarine sur la face interne, et se continuent dans le lobe fusiforme et le lobe lingual. Le *sillon occipital transverse,* que Ecker et Rüdinger considèrent comme l'homologue, chez l'homme, du *sillon du singe,* divise la convexité du lobe occipital en région supérieure et inférieure. Le premier sillon occipital, qui sépare O_1 de O_2, n'est que le prolongement en arrière de la scissure interpariétale.

Mais doit-on identifier le sillon occipital transverse avec la *scissure du singe*? Je ne le crois pas. Le seul caractère commun attribué à cette scissure par tous les observateurs, c'est qu'elle sépare plus ou moins complètement le lobe occipital du lobe pariétal. Or, cette division peut être produite chez l'homme par des scissures et par des sillons très divers, par la scissure parallèle lorsqu'elle se continue très en arrière, par le sillon occipital externe et par le sillon occipital transverse, en avant et en arrière de la scissure pariéto-occipitale, etc. Chez Pansch, la critique de l'idée d'Ecker est toute négative. Pour Schwalbe, la scissure du singe résulterait, chez l'homme, de la rencontre de la scissure pariéto-occipitale et du sillon occipital transverse. Giacomini la considère comme l'extension sur la convexité de l'hémisphère de la scissure pariéto-occipitale. Il n'est pas exact, dit l'éminent anatomiste de Turin, de considérer la scissure occipitale transverse comme l'analogue de la scissure qui se trouve si développée chez les singes : « la scissure occipitale transverse est une scissure propre au cerveau humain que rien ne représente sur le lobe occipital du cerveau des singes » (1). Ainsi, chez les singes, où la scissure pariéto-occipitale externe est si développée, la scissure occipitale transverse fait défaut.

Pour Mendel, qui a bien étudié ce point spécial de l'anatomie du lobe occipital (2), dans une partie des cas de sillon du singe observés chez l'homme, cette anomalie repose moins sur un développement considérable de la scissure pariéto-occipitale externe que sur la confluence de cette scissure avec d'autres scissures, telles que le *sulcus occipitalis transversus.* Chez l'homme, on ne pourrait donner le nom de sillon du singe qu'à une scissure située non en arrière de la scissure pariéto-occipitale, telle que

(1) Giacomini. *Guida allo studio delle circonvoluzione cerebrali dell' uomo,* p. 123-4.
(2) Mendel. *Ueber die Affenspalte (Le sillon du singe).* Neurol. Centralbl., 1883, p. 217.

le sillon occipital transverse, mais en avant, telle que le *sulcus occipitalis externus*. Quant à la signification du sillon du singe sur le cerveau de l'homme, elle indique sûrement un arrêt de développement de l'organe, demeuré à un stade inférieur d'évolution, encore qu'on l'ait rencontré (Meynert, Rüdinger, Giacomini) chez des hommes intelligents et cultivés, et non pas seulement chez des idiots.

Sur la *face interne* du lobe occipital, la scissure pariéto-occipitale est très nette et sépare d'une manière tranchée le lobe occipital (*cuneus*) du lobe pariétal (*praecuneus*). La scissure calcarine qui, comme la scissure pariéto-occipitale, se dessine dès les premiers mois de la vie intra-utérine, apparaît d'abord sous la forme de deux branches qui divergent, puis, dans sa marche en avant, elle se réunit à angle aigu avec la scissure pariéto-occipitale interne. L'îlot de substance grise enserré par ces deux scissures est le *cuneus*, qui ne laisse pas d'être en rapport avec le gyrus fornicatus par le pli cunéo-limbique de Broca ; cette petite circonvolution n'est pas toujours au fond de la scissure pariéto-occipitale et proémine parfois à la surface (Ecker).

Le fond de ces deux grandes scissures de la face interne, avec leurs circonvolutions secondaires, rappelle la structure de l'insula de Reil : sur le plancher de la scissure calcarine on aperçoit d'ordinaire trois *gyri breves* (Sachs) verticaux ; tel gyrus brevis peut s'élever à la surface et interrompre la scissure. Comme la scissure de Sylvius, la scissure calcarine possède une *fissura supérior* et *inferior*, mais point de vallée (*fovea*). Chez les singes aussi, dont on connaît l'acuité extrême du sens de la vue, la scissure calcarine est profonde et complexe, et d'autant plus que le nerf optique d'une espèce est plus volumineux.

La scissure calcarine, très profonde, se trouve directement située dans la paroi externe de la corne postérieure du ventricule latéral ; le refoulement par la scissure calcarine de la substance blanche de l'hémisphère dans la corne postérieure du ventricule constitue une saillie allongée, qu'on appelle le *calcar avis* ou *ergot de* Morand, ou encore *pes hippocampi minor* (1). Chez les microcéphales, l'ergot de Morand fait souvent défaut ; le *cuneus*, avec ses sillons tertiaires, y est réduit à une circonvolution grêle et lisse. Dans les sept ou huit cerveaux chinois jusqu'ici décrits, le *cuneus* a été trouvé très petit (Dercum, Hub. Bond) (2). D'après Gratiolet, « le développement du lobe occipital exprime une infériorité typique ». La scissure calcarine en haut, la scissure collatérale en bas, circonscrivent le *lobule lingual*, qui se continue dans la circonvolution de l'hippocampe. Enfin, entre le sillon collatéral et la troisième scissure temporale, le *lobe fusiforme*. Ces deux dernières circonvolutions, dites *occipito-temporales*, appartiennent à la face inférieure de l'hémisphère. Le coin, le lobe lingual, le lobule fusiforme, voilà les trois circonvolutions dont les lésions ont paru expliquer les symptômes de l'hémianopsie et que nombre de cliniciens et de physiologistes considèrent comme le siège du centre cortical de la vision.

Ces régions du cerveau font partie du territoire vasculaire de l'*artère cérébrale postérieure*, en particulier des deux branches postérieures de cette artère, l'*artère temporale postérieure* et l'*artère occipitale*. L'artère temporale postérieure irrigue le lobe fusiforme et O_3 ; l'artère occipitale, qui se subdivise elle-même en trois vaisseaux antérieur, moyen et

---

(1) V. Brissaud. *Anatomie du cerveau de l'homme*. (Paris, 1893), p. lxxxi. Obersteiner. *Anatomie des centres nerveux*, p. 97, fig. 21.

(2) H. Bond. *Observations on a chinese brain* (Brain, 1894).

postérieur, se ramifie dans la scissure pariéto-occipitale, sur le *cuneus* dans la scissure calcarine. *L'artère calcarine*, comme on appelle ce puissant rameau de l'artère occipitale, assure la nutrition des régions les plus importantes de la vision centrale. C'est l'oblitération de cette artère, remarque Monakow, dans une étude spéciale de ce territoire vasculaire de l'écorce, qui provoque surtout les lésions par ramollissement du *cuneus*. Par sa distribution, l'artère occipitale correspond donc au centre cortical de la vision. On l'a appelée *l'artère de la vision cérébrale*; on pourrait l'appeler également *l'artère de l'hémianopsie*. Au moyen d'injections capillaires des ramifications de l'artère cérébrale postérieure, Kolisko et Redlich ont pu déterminer plus nettement qu'on ne l'avait fait les limites du territoire de cette artère (1). Sur la face convexe des hémisphères, on y voit incluses les parties postérieures des trois circonvolutions occipitales et la troisième circonvolution temporale : sur la face interne, la portion postérieure du *præcuneus* ou lobe carré, tout le *cuneus*, la scissure calcarine, le lobe lingual, le lobe fusiforme (T_4), la circonvolution de l'hippocampe avec la corne d'Ammon et l'extrémité postérieure de l'*uncus*, enfin le *splenium* ou bourrelet du corps calleux.

Qu'une des artères énumérées, et surtout l'artère calcarine, soit oblitérée, une lésion anatomique, et partant fonctionnelle, atteindra, outre le *cuneus*, les régions circonvoisines, en particulier le lobe lingual. Dans les cas de thrombose artérielle, le foyer de ramollissement est souvent, dans l'écorce, moins étendu que le territoire vasculaire, à cause de la possibilité d'irrigation collatérale des vaisseaux voisins, les artères corticales n'étant pas terminales et présentant entre elles de nombreuses anastomoses (Mendel). Il en est tout autrement pour la substance blanche, ainsi que pour les ganglions de la base, dont les artères sont terminales (Heubner, Duret) (2).

C'est surtout en matière de vascularisation des différents territoires du système nerveux central que la théorie des connexions nous paraît importante, car la destruction d'un centre nerveux par ramollissement ischémique ou par hémorragie, ou simplement le ralentissement, l'extinction progressive de son activité par un certain degré d'oblitération artérielle, et partant d'anémie locale, ne laisse pas de retentir sur toutes les régions du cerveau en rapport avec ce centre. Les innombrables neurones qui, de tous ces points, venaient s'y terminer, soit par leurs collatérales, soit par leurs arborisations cylindraxiles, aussi bien que les dendrites ou les corps cellulaires des neurones de ce centre nerveux,

---

(1) A. Kolisko u. E. Redlich in Wien. *Schemata zum Einzeichnen von Gehirnbefunden.* Leipzig und Wien, 1895.

(2) Aussi Monakow a-t-il insisté sur la gravité et la complexité des troubles de l'appareil visuel qui peuvent résulter d'un foyer de ramollissement, même restreint, de la substance blanche du *cuneus*, par le fait de la destruction des fibres de projection qui, des centres primaires optiques, vont, selon lui, aux circonvolutions de la convexité (O_1 et O_2) et au gyrus lingual.

subissent, par l'effet du trouble de leur activité normale, des altérations de la nutrition souvent assez profondes pour réduire au silence de vastes territoires, quelquefois très distants, de l'écorce cérébrale. Si la lésion mère est peu ancienne, l'aspect de l'écorce pourra ne rien présenter de particulier à l'examen anatomo-pathologique macroscopique et même microscopique. Les symptômes cliniques ayant cependant été plus ou moins nets, et dûment constatés, on parle alors de lésions fonctionnelles, comme si la fonction pouvait avoir une existence propre, distincte de l'organe, comme si elle pouvait être autre chose que l'organe lui-même fonctionnant. Toute altération fonctionnelle est un événement d'ordre organique, toujours réductible, en dernière analyse, à un trouble de nutrition, en entendant par ce mot la cause la plus générale des modifications de structure et de texture des éléments anatomiques.

L'anatomie de la substance blanche du lobe occipital, celle aussi des connexions de ce lobe avec les régions limitrophes des lobes pariétal et temporal, peut seule donner l'intelligence des fonctions de cette grande province du cerveau, j'entends celles de la vision mentale. Il faut naturellement, ne fût-ce que pour les phénomènes de l'aphasie optique, de la cécité verbale et de l'alexie, que nous étudierons plus tard, tenir grand compte des rapports anatomiques et fonctionnels des lobes occipitaux et temporaux.

Le ruban de Vicq d'Azyr, visible dans toute la région du lobe occipital, est particulièrement net dans la région calcarinienne, sur le fond de cette scissure et sur ses deux lèvres supérieure et inférieure, appartenant au *cuneus* et au lobe lingual. Des neuf couches que distingue O. v. Leonowa dans l'écorce de la scissure calcarine chez le nouveau-né normal, il en est une, la quatrième, strie claire à neuroblastes disséminés par groupes de deux, trois et plus, que l'auteur n'a pas retrouvée dans le reste du lobe occipital : cette couche appartiendrait donc exclusivement à l'écorce du *sulcus calcarinus* (1). Une comparaison instituée avec un cas d'anophtalmie bilatérale congénitale et un cas d'atrophie congénitale des bulbes oculaires a montré que, seule, cette quatrième couche faisait totalement défaut dans l'écorce de la scissure calcarine des lobes occipitaux de ces deux cas d'arrêt de développement. Or, si cette couche n'appartient qu'à l'écorce de cette scissure, on entrevoit l'importante conclusion qu'il est permis de tirer de son absence dans des cas pathologiques précisément en rapport avec l'organe périphérique de la vision. Dans les parties

(1) O. v. Leonowa (Zürich). *Ueber das Verhalten der Neuroblasten des Occipitallapens bei Anophthalmie und Bulbusatrophie und seine Beziehungen zum Sehakt.* Arch. f. Anat. u. Phys., 1893, p. 308 sq. Cf. *Die Sinnesorgane und die Ganglien bei Anencephalie und Amyelie.*

de l'écorce voisines de la scissure calcarine il n'existait pas de lésions pathologiques appréciables d'aucune sorte. Cette quatrième couche, quelle que soit celle à laquelle elle correspond dans le cerveau adulte, serait manifestement dans le plus étroit rapport avec la vision centrale, et celle-ci dépendrait de l'existence de ce centre cortical de la vision.

L'histologie du lobe occipital a été, comme celle du reste du système nerveux central, transformée par les nouvelles méthodes de technique microscopique (fig. 7). On connaît le type classique à huit couches de l'écorce de ce lobe (Meynert).

S. Ramon y Cajal distingue dans cette écorce les six couches suivantes :

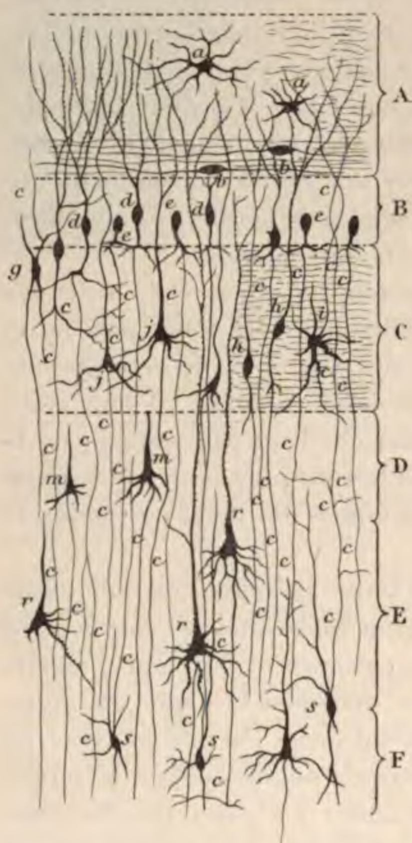


Fig. 7. — Écorce occipale de cobaye de huit jours. Méthode double de Golgi. (Ramon y Cajal). *A*, couche moléculaire. *B*, couche des cellules fusiformes. *C*, couche des fibres médullaires médianes. *D*, couche des pyramides moyennes. *E*, couche des grandes pyramides. *F*, couche des corpuscules polymorphes. *a*, cellule étoilée de la 1re couche cérébrale. *b*, cellules fusiformes spéciales à l'écorce. *d*, fusiformes verticales. *e*, corpuscules piriformes. *g*, cellules à expansion nerveuse ascendante. *h*, piriformes verticales de la 3e couche. *j*, petites pyramides. *m*, pyramides moyennes. *r*, pyramides géantes. *s*, cellules de la 6e couche à cylindraxe ascendant. *c*, prolongements cylindraxiles.

1° *Couche moléculaire.* On discerne : *a*, une *zone moléculaire externe* où, au milieu de nombreuses fibres nerveuses ramifiées, apparaissent des cellules du second type de Golgi, c'est-à-dire dont le cylindraxe s'arborise, après un court trajet, dans la couche moléculaire; *b*, une *zone moléculaire interne*, dont les cellules sont toutes du type fusiforme pluripolaire, situées horizontalement, émettant de fins rameaux à direction horizontale qui possèderaient les propriétés des cylindraxes. C'est dans cette zone que les fibres ascendantes se ramifient autour des cellules pluripolaires. Les bouquets terminaux des pyramides montent jusqu'au sommet de la zone moléculaire externe.

2° *Couche des cellules fusiformes verticales*, à expansions protoplasmiques ascendantes se ramifiant dans la couche moléculaire; l'expansion protoplasmique descendante envoie quelques rameaux qui parviennent dans la troisième couche. Le cylindraxe de ces cellules sort de l'expansion descendante et, après avoir émis quelques collatérales, *descend* jusqu'à l'extrémité inférieure de l'écorce. Il existe, en outre, dans cette couche, des corpuscules piriformes à cylindraxe descendant.

3° *Couche des fibres myéliniques médianes ou du ruban rayé de* Vicq d'Azyr. Elle renferme des petites pyramides, des cellules fusiformes verticales, des cellules triangulaires, dont le *cylindraxe ascendant* s'arborise dans la couche moléculaire, comme les dendrites

des deux autres espèces de cellules s'y ramifient. Les fibres de cette zone, très nombreuses, orientées dans toutes les directions, constituent un riche plexus de fibres nerveuses à myéline. A l'exception des cylindraxes ascendants des cellules de cette couche, toutes les fibres sont des collatérales de cylindraxes.

4° *Couche des pyramides moyennes.*

5° *Couche des grandes pyramides,* dont le panache s'étend dans la couche moléculaire, tandis que le prolongement de Deiters pénètre dans la substance blanche.

6° *Couche des corpuscules polymorphes,* constituée par de petites pyramides, des cellules fusiformes verticales et triangulaires : les *cylindraxes ascendants* de ces dernières s'arborisent dans la couche moléculaire.

Si nous adaptons à ce schéma de l'écorce du lobe occipital l'admirable description d'ensemble qu'a donnée Monakow de cette région du cerveau, nous reconnaîtrons avec lui que les arborisations cylindraxiles des terminaisons des fibres visuelles des radiations optiques, ainsi que celles de leurs collatérales, doivent, après leur trajet ascendant dans la couche moléculaire, agir sur les dendrites des grandes cellules pyramidales qui déploient leurs ramures dans cette couche, par l'intermédiaire sans doute des cellules du deuxième type de Golgi, au cylindraxe court, nombreuses dans la zone moléculaire externe. Les arborisations de ces cylindraxes s'enlacent aux dendrites de ces cellules d'association (*Schaltzellen*), dont les ramifications cylindraxiles entrent en contact avec les bouquets des pyramides. Ces fibres visuelles ne sont pas nées des cellules ganglionnaires de la rétine. Celles-ci, qui constituent le *premier neurone sensoriel de la voie optique,* se sont terminées dans le corps genouillé externe. Les fibres visuelles qui se terminent en s'arborisant librement dans la couche moléculaire du lobe occipital proviennent du corps genouillé externe : elles forment le *second neurone sensoriel de la voie optique.*

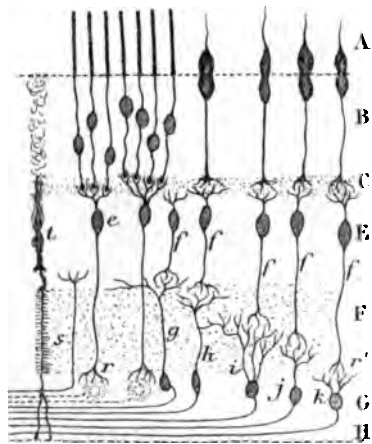


Fig. 8. — Coupe transversale de la rétine d'un mammifère — *A,* couche des cônes et des bâtonnets. *B,* corps des cellules visuelles (grains externes). *C,* couche plexiforme externe. *E,* couche des cellules bipolaires (grains internes). *F,* couche plexiforme interne. *G,* couche des cellules ganglionnaires. *H,* couche des fibres du nerf optique. *e,* cellule bipolaire pour bâtonnet. *f,* cellule bipolaire pour cône. *g, h, i, j, k,* cellules ganglionnaires ramifiées dans les divers étages de la zone plexiforme interne. *r,* arborisation inférieure des cellules bipolaires pour bâtonnet en connexion avec les cellules ganglionnaires. *r',* arborisation inférieure des cellules bipolaires pour cônes. *t,* cellule de Müller ou épithéliale. *s,* fibre nerveuse centrifuge.

Quant aux fibres centrifuges de cette voie nerveuse, elles naissent des prolongements cylindraxiles à direction descendante de ces grandes

cellules pyramidales dont les panaches montent jusque dans la zone externe de la couche moléculaire pour y collecter en quelque sorte les courants nerveux qu'apportent, dans cette couche, les derniers prolongements des fibres visuelles, et réagir d'une manière appropriée sur les appareils de convergence, d'accommodation et d'adaptation de la vision. De l'écorce du lobe occipital aux tubercules quadrijumeaux antérieurs, où elles arrivent par la couronne rayonnante des radiations optiques, juxtaposées aux fibres visuelles, mais de direction opposée, elles représentent un *premier neurone moteur*; des tubercules quadrijumeaux antérieurs à la rétine, où elles se terminent après avoir cheminé dans le tractus

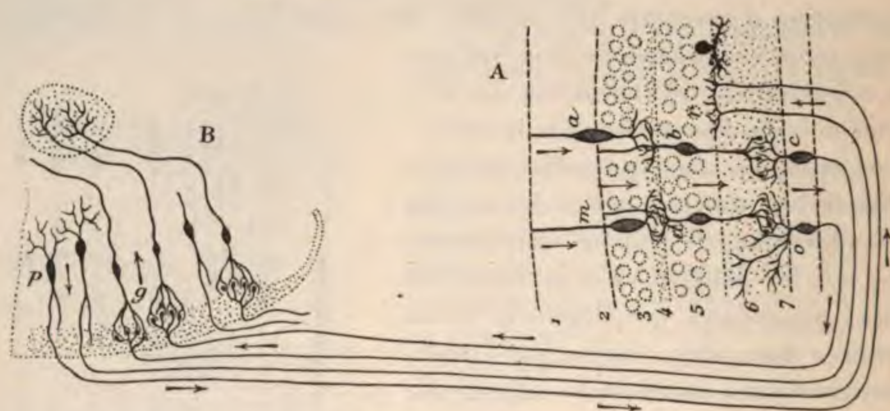


Fig. 9. — Schéma du trajet suivi par les impressions rétiniennes de la couche des cônes et des bâtonnets à l'axe cérébro-spinal et trajet partiel des fibres centrifuges de la voie optique.

A. I. *Couche des cellules visuelles.* — 1. Couche des cônes et des bâtonnets. *a*, cône; *m*, bâtonnet. 2. Couche limitante externe. 3. Couche granuleuse externe. 4. Couche moléculaire externe. 5. Couche granuleuse interne. 6. Couche moléculaire interne. 7. Couche ganglionnaire.

II. *Couche des cellules bipolaires.* — *b*, cellule bipolaire destinée au cône. *d*, cellule bipolaire destinée au bâtonnet.

III. *Couche des cellules ganglionnaires.* — *o*, *c*, cellules ganglionnaires dont les prolongements cylindraxiles, constituant le nerf et la bandeletts optique, vont vers les centres optiques primaires (*g*) et vers l'écorce cérébrale.

B. Corps genouillé externe, éminences antérieures des tubercules quadrijumeaux, pulvinar de la couche optique. *p*, cellules d'origine (second neurone moteur) des fibres centrifuges de la voie optique s'arborisant librement à proximité des ramifications des spongioblastes.

et le nerf optique, elles constituent le *second neurone moteur* de la voie optique (fig. 8-9). Déjà, dans la conception de Monakow, rétine, ganglions de la base et écorce du lobe occipital sont des centres optiques d'où partent et où se terminent des systèmes de fibres optiques, systèmes étroitement solidaires, puisque les troubles de nutrition, les lésions de déficit retentisssent toujours de l'écorce sur les centres primaires optiques, de ces centres sur l'écorce. Bien avant que Munk ait été amené par de nouvelles expériences à constater que, de la sphère visuelle,

partent des courants nerveux à direction centrifuge, allant aux centres des mouvements des yeux, MONAKOW avait vu une atrophie des « grandes cellules solitaires » du lobe occipital succéder à une section du segment postérieur de la capsule interne.

Dans la couche moléculaire de ce lobe, comme dans le reste de l'écorce, les grandes cellules pyramidales, dont la destination est d'adapter constamment, au moyen des ajustements musculaires, l'être vivant à son milieu — le milieu interne au milieu externe — subissent, par l'intermédiaire des prolongements nerveux, les chocs et ébranlements suivants, qui, si l'hypothèse de l'amiboïsme des ramifications nerveuses terminales, admise par MATHIAS DUVAL, était démontrée, devraient agiter leurs riches frondaisons comme fait le vent en passant sur la cime des forêts : 1° des cellules à cylindraxe court (cellules de GOLGI) ; 2° des cellules d'association siégeant dans divers lobes d'un même hémisphère ; 3° des cellules existant dans l'hémisphère opposé (au moyen des fibres calleuses) ; 4° des cellules de nature sensorielle, visuelles dans l'espèce ; 5° des cellules situées à différentes hauteurs de l'écorce et s'arborisant dans la couche moléculaire. MONAKOW avait très bien vu aussi, dès 1889, que les petites cellules pyramidales des sphères visuelles sont des cellules d'origine des faisceaux d'association intrahémisphérique et de commissuration interhémisphérique des lobes occipitaux. « Les fibres calleuses, enseigne RAMON Y CAJAL, proviennent de tous les points de l'écorce cérébrale d'un hémisphère et se terminent dans tous les points de l'autre hémisphère, sauf à la région sphénoïdale, où les fibres commissurales marchent en faisceaux séparés pour constituer la commissure antérieure. » En général, chaque fibre calleuse fournit un certain nombre de collatérales, se détachant à angle droit et montant dans la substance grise de l'écorce, où elles se terminent librement. La fibre calleuse ne représente plus, comme on l'avait admis, un trait d'union entre deux régions symétriques de chaque hémisphère : la fibre issue, par exemple, d'un point d'un hémisphère peut se mettre en rapport de contact non seulement avec des cellules symétriques du point opposé, mais, au moyen de ses collatérales, avec bien d'autres neurones appartenant aux couches et aux régions de l'écorce les plus diverses.

C'est de la couche moléculaire de l'écorce cérébrale que partent certainement les réactions motrices qu'on appelle encore quelquefois « volontaires ». Ce mot n'explique pas plus, naturellement, la nature de ces réactions que celui de conscience appliqué aux processus de la vie des cellules nerveuses, lorsque ces processus atteignent un certain *quantum* d'intensité et de durée. Je ne crois pas que les phénomènes de conscience et de volonté échappent aux prises de notre science, et que la

psychologie doive renoncer à montrer, par une exacte embryogénie de ces concepts, la raison d'être de leur ancien empire sur l'esprit de l'homme, en même temps que celle de leur décadence actuelle. Pas une seule notion métaphysique ne saurait survivre à l'histoire de ses origines et de son évolution nécessaire dans le temps et dans l'espace. La métaphysique est une mythologie dont les divinités s'évanouissent dès qu'on a expliqué leur genèse. Ces vagues fantômes rentrent, comme les dieux antiques, dans les éléments de la terre, de l'air et des eaux.

La décharge nerveuse, d'origine interne ou externe, due à l'intensité relative d'un groupe ou de plusieurs groupes d'images mentales associées, ou à l'application, sur tel ou tel territoire de l'écorce cérébrale, de *stimuli* mécaniques, chimiques, électriques, provoque ou arrête, avec nécessité, des contractions musculaires d'intensité et d'étendue correspondantes, des actions ou des inhibitions en rapport avec la nature des centres corticaux directement ou indirectement excités. Dans le sommeil ou la narcose chloroformique, la réaction motrice suit fatalement les voies nerveuses de moindre résistance, les mieux frayées, les plus souvent parcourues, et l'effet ainsi déterminé est ce qu'il devait être, et n'est jamais que cela. Dans la narcose, la réaction est peut-être inconsciente ; elle est plus ou moins consciente dans le rêve ; à l'état de veille, elle l'est tout à fait, quoique toujours variable selon la nature des actes. Mais ce phénomène, la conscience, ne modifie pas plus l'arrêt ou la production des processus d'innervation centrale que l'ombre du voyageur sur la route le rythme ou la direction de ses pas.

On doit donc voir dans la résultante des influences croisées exercées par les neurones sensitifs ou sensoriels sur les dendrites des grandes cellules pyramidales, au niveau de la couche moléculaire de l'écorce, l'*incitation* efficace du mouvement volontaire (Ramon y Cajal). Dans les expériences physiologiques d'excitation de l'écorce cérébrale, le stimulus peut agir soit directement sur les panaches des cellules pyramidales, soit indirectement par les fibrilles nerveuses, en contact avec ces dendrites, de la couche superficielle de l'écorce : dans les deux cas, en provoquant une stimulation étroitement localisée d'un centre fonctionnel, ou en éveillant secondairement à distance l'activité de groupes plus ou moins vastes d'association, cette excitation artificielle agit sur les centres nerveux les plus élevés du cerveau exactement comme agirait « la volonté ».

Dans son ensemble, l'appareil nerveux de la vision forme un système qui prend naissance dans la rétine et se termine dans l'écorce du lobe occipital. En ce long parcours des fibres visuelles, parcours nullement direct, interrompu par plusieurs stations placées sur la route, la direction des conducteurs est double et de sens inverse ; elle court, parallèlement,

de la rétine au lobe occipital, du lobe occipital à la rétine. La voie centripète est connue depuis longtemps; il faut tenir grand compte aujourd'hui de l'existence d'une voie centrifuge dont l'origine et le trajet sont chaque jour mieux connus.

Lorsqu'on dit que la plupart des nerfs des bandelettes optiques naissent de la rétine, qu'entend-on exactement? Le mode d'impression des organes des sens domine, en effet, toutes les considérations ultérieures sur les sensations, les perceptions et les images. En réalité, les grandes cellules nerveuses de la rétine dont les prolongements cylindraxiles constituent, de la rétine aux premiers ganglions sous-corticaux (corps genouillés, etc.), les fibres visuelles, ne sont que médiatement affectées par la lumière (j'entends le stimulus de la rétine). Celle-ci n'a d'action immédiate que sur les *bâtonnets* et les *cônes*, c'est-à-dire sur une sorte de revêtement épithélial, dont les corps protoplasmiques sont situés inférieurement et se terminent librement dans la *zone plexiforme externe*, les corps des cellules des cônes par des fibrilles horizontales, les corps cellulaires des bâtonnets par une petite sphérule dépourvue de ramuscules. Sans insister sur la *couche intermédiaire*, fort complexe, des *cellules bipolaires*, qui, dans la chaîne nerveuse, recueillent par leurs panaches ascendants les ébranlements des terminaisons nerveuses des cellules visuelles, pour les transmettre, au moyen de leurs panaches inférieurs, les unes, — les cellules bipolaires pour bâtonnets, — aux corps mêmes des grandes *cellules nerveuses* de la rétine sur lesquelles elles s'appliquent, les autres, — les cellules bipolaires pour cônes, — aux arborisations protoplasmiques de ces mêmes cellules, il est intéressant de se demander quel rôle revient aux cellules épithéliales de la rétine en particulier, et aux cellules épithéliales des autres appareils périphériques des sens en général, dans la sensation et la perception des *stimuli* externes.

Cette question, en effet, a été soulevée naguère, à propos d'une communication d'Arnstein sur les *appareils terminaux des nerfs du goût*, dans une discussion à laquelle ont pris part d'éminents neurologistes russes, Mislawski, Bechterew (1). Suivant le premier, il existerait, dans les organes périphériques des sens, différentes espèces de cellules épithéliales : ces cellules ne sont pas seulement des organes de protection, mais des organites dont le mode d'impression détermine la nature de la perception. Les cellules épithéliales seraient des manières d'appareils de

---

(1) Société de neuropathologie et de psychiatrie de Kasan. Séance du 21 mars 1893. Arnstein : *Ueber die Endapparate des Geschmacksnerven*. W. v. Bechterew. *Die Lehre von den Neuronen*, etc. Neurol. Centralbl., 1896. p. 50 sq.

transformation des différentes énergies du monde extérieur, et ce n'est qu'ainsi transformées que ces forces exciteraient le nerf, par conséquent d'une manière médiate. Et BECHTEREW ajoutait : L'état de la science ne permet plus d'admettre que les terminaisons nerveuses reçoivent directement les *stimuli* externes. Si donc l'on ne veut pas revenir à la doctrine, depuis longtemps abandonnée, des énergies spécifiques des nerfs, puisque nous percevons, au moyen de nos organes des sens, des sensations qualitativement différentes, alors que les terminaisons nerveuses possèdent, dans ces organes, une structure semblable, force est de conclure que la diversité des sensations dépend du mode varié de transmission des *stimuli* externes aux arborisations périphériques des nerfs. Or, la condition de cette variété est toute dans les cellules épithéliales, à proximité ou au contact desquelles s'arborisent les filaments terminaux des nerfs. Car on ne suppose plus que les cellules épithéliales soient en connexion directe (continuité) avec les terminaisons nerveuses. On sait que ce sont là deux éléments bien distincts et séparés, et que la transmission de l'excitation de l'un à l'autre n'a lieu que par contact réciproque (contiguïté). Ainsi, qu'il s'agisse du système nerveux périphérique ou du système nerveux central, la théorie des actions de contact domine tous les processus de la vie nerveuse. Qu'il s'agisse des terminaisons périphériques des nerfs du goût, de l'olfaction, de l'audition ou de la vision, le mode de terminaison de ces fibres dans les épithéliums des organes des sens est le même : arborisation, simple contact, transmission médiate des excitations (1).

La direction des conducteurs optiques est double et de sens inverse : deux systèmes de fibres parallèles, de direction opposée, les unes centripètes, les autres centrifuges, constituent ces voies nerveuses. Au premier système appartiennent les prolongements cylindraxiles des grandes cellules nerveuses de la rétine formant les nerfs optiques. Les fibrilles terminales de ces nerfs s'arborisent librement à proximité ou au contact des expansions protoplasmiques des principaux groupes de cellules nerveuses des corps genouillés externes et du pulvinar de la couche optique. Des groupes de cellules intercalaires (*Schaltzellen*), comme les appelle MONAKOW, de ces ganglions, sortent d'autres prolongements cylindraxiles qui, après avoir traversé la partie postérieure de la capsule interne, cheminent, sous le nom de substance blanche sagittale, ou de radiations optiques de GRATIOLET, vers le lobe occipital, où ces fibres se terminent en s'arborisant dans le réseau nerveux de l'écorce de ce lobe. Là un nouveau système de cellules intercalaires (*neurones associatifs*) met ces fibres en rapport avec les différents groupes cellulaires de l'écorce, en particulier avec les grandes cellules solitaires.

---

(1) Cf. MICHAEL V. LENHOSSEK (Würzburg). *Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane*. Wiesbaden, 1894.

Au second système, à direction centrifuge, appartiennent les fibres nées des prolongements cylindraxiles des grandes cellules pyramidales de l'écorce du lobe occipital, dont les arborisations terminales s'entrelacent aux ramifications protoplasmiques des cellules nerveuses de la substance grise superficielle des tubercules quadrijumeaux antérieurs ; à leur tour, les fibres nerveuses de ces ganglions se terminent dans les réseaux nerveux de la rétine. « Je tiens pour prouvé, écrit Monakow, que les sphères visuelles (leurs grandes cellules solitaires) envoient des fibres à direction centrifuge, et qu'un grand nombre de ces fibres se trouvent dans les radiations optiques... Je crois que ces fibres vont en grande partie aux tubercules quadrijumeaux antérieurs » (1892). Il se félicite que, en confirmation de ses précédentes hypothèses, Hermann Munk ait démontré, après une série d'expériences nouvelles, que, de la sphère visuelle, des fibres à direction centrifuge doivent gagner les centres des mouvements des yeux. Ce fait, Monakow l'avait postulé en constatant qu'après la section du segment postérieur de la capsule interne, les grandes cellules solitaires de l'écorce du lobe occipital subissaient une atrophie secondaire.

Critique de l'opposition physiologique établie entre le grand lobe limbique et le lobe frontal avec le reste du manteau. — Il semble que Broca, à qui la science de l'anatomie et de la physiologie cérébrale doit d'admirables vues sur l'histoire de l'évolution du cerveau antérieur dans la série des mammifères, n'ait pas aperçu toute la portée de la doctrine qu'il édifiait sur des fondements si solides. L'antagonisme qui lui paraît exister entre le lobe frontal et le lobe pariétal, subdivisé en trois lobes, dont les fonctions devaient se différencier toujours davantage sans cesser d'être, au fond, de même nature, n'a point, en réalité, l'importance physiologique et psychologique qu'il signale. Le développement, sans doute considérable, du lobe frontal des primates, au regard de celui du même lobe chez les carnassiers, n'a pas déterminé une « évolution inverse » du lobe pariétal, si l'on prend toujours garde à ce qu'est devenu ce lobe sous la poussée de croissance du lobe frontal. Au contraire. Lorsque Broca insiste sur le développement du lobe frontal, attesté par le « plissement longitudinal qui le subdivise d'abord en deux, puis en trois circonvolutions » ; lorsqu'il fait remarquer l'importance corrélative des fonctions de ce lobe chez les grands singes et dans l'homme ; bref, lorsqu'il déclare que le lobe frontal « s'est en quelque sorte emparé de l'hégémonie cérébrale », Broca subit visiblement encore, ainsi que Gratiolet et tant d'autres, l'influence des doctrines de Gall sur les fonctions supérieures du lobe frontal considéré comme le siège de l'intelligence. De là l'opposition qu'il croit apercevoir entre les deux parties dont se composerait le manteau des hémisphères : l'une « brutale », représentée par le grand lobe limbique ; l'autre « intellectuelle », représentée par le reste du manteau. Ces deux portions des hémisphères, si différentes par leur structure, au dire de Broca, le seraient aussi par la nature de leurs fonctions : l'une serait le « siège des fonctions inférieures qui prédominent

chez la brute », l'autre le « siège des facultés supérieures qui prédominent chez les animaux intelligents ».

Si de pareils errements nous étonnent aujourd'hui, il ne faut pas oublier que nous les avons partagés presque tous : ils correspondaient à une phase du développement des sciences que nous avons dû traverser ; après nous, ce stade de la pensée deviendra si court qu'il finira sans doute par ne laisser aucun souvenir chez le psychologue. Pourquoi les impressions, les sensations et les perceptions olfactives, avec leurs résidus, entrant comme éléments constitutifs pour la part qui leur revient dans nos images ou représentations du monde extérieur, seraient-elles d'essence moins rare que celles de la vue ou de l'ouïe ? Or l'intelligence qu'exalte Broca, et qu'il situe dans le lobe frontal, n'est rien de plus que la somme ou la résultante de ces représentations. Si, ce qui était sans doute impossible avec les conditions nouvelles d'adaptation des primates, les fonctions du lobe olfactif avaient pu conserver chez ces êtres la même acuité, la même perfection de discrimination délicate et subtile qu'elles gardaient chez les carnassiers, l'intelligence humaine n'en serait à coup sûr que plus étendue, plus brillante et plus forte. D'antagonisme entre les sens et l'intelligence, il n'en saurait exister, avant tout parce que l'intelligence et ses conditions, c'est-à-dire la sensibilité, ne sont pas des choses distinctes, susceptibles par conséquent d'être isolées. Mais, nous l'avons rappelé, pour Gall et ses disciples, comme pour Magendie et les biologistes qui, à une certaine époque, avaient cru devoir réagir contre les doctrines de l'École sensualiste, les sens et l'intelligence, loin de s'engendrer, étaient choses si hétérogènes que, quoique Spurzheim ait augmenté de six le nombre des organes de l'âme de Gall, le sens fondamental de toute vie psychique, la sensibilité tactile, est encore oublié.

Le lobe frontal. — Le *lobe frontal* n'a cessé de déchoir de son ancienne grandeur, surtout depuis les travaux d'anatomie comparée et de physiologie expérimentale de Meynert, de Goltz et de Munk. Retzius ne croit aussi qu'en partie légitime la « prédominance frontale » que Broca et d'autres auteurs ont considérée comme caractéristique du cerveau humain (1). Suivant Meynert, cette « prédominance » n'est qu'apparente ; elle dépend du grand développement en hauteur du *noyau lenticulaire,* de l'*insula* et du *lobe temporal* s'avançant en avant sous le lobe frontal. La nouvelle division de l'écorce du cerveau antérieur, telle que l'a proposée Flechsig, fait du lobe frontal un centre d'association, investi des mêmes fonctions

(1) G. Retzius, *Das Menschenhirn* (Stockholm, 1896), p. 96 sq.

psychiques, ou du moins du même ordre, sinon de même nature, que le lobe pariétal et l'insula. Et, en effet, le lobe frontal possède chez l'homme un grand développement, soit en hauteur et en largeur, comme chez les brachycéphales, soit en longueur, ainsi que chez les dolichocéphales.

Les limites du lobe frontal, le mieux délimité du *pallium*, sont, sur la face externe : la scissure de Sylvius et le sillon de Rolando; sur les faces interne et inférieure, la limite du rhinencéphale. Eberstaller a signalé les *gyri transversi* ou circonvolutions profondes qui existent en grand nombre dans le *sulcus frontalis inferior* et dont quelques-unes sont superficielles : l'une, *postérieure,* anastomose le sillon frontal inférieur avec le sillon précentral ; si ce pli est superficiel, il sépare ces deux sillons (dans 23 ou 24 pour 100 des cas); l'autre, *moyenne,* rarement superficielle; une troisième, *antérieure,* qui part de l'*operculum frontale intermedium (pars triangularis).* La plus grande partie de F_1 se trouve sur la *face interne.* Le *sulcus olfactorius* appartient aux sillons les plus précoces ; très profond, il se prolonge presque toujours au delà de l'extrémité antérieure du bulbe olfactif, sous le pôle frontal ; à son extrémité postérieure, il se dichotomise et entoure de ses deux bras le *gyrus tuberis olfactorii.*

Le *lobule paracentral,* de forme très variable, appartient à la circonvolution frontale ascendante (FA). Cette dernière circonvolution est d'ordinaire plus large dans sa moitié inférieure, mais plus développée dans sa moitié supérieure. La F_2 sort de deux racines : 1° de FA, entre les deux sillons précentraux ; 2° de F_3 (*pars basilaris*). Sur la face orbitaire, elle occupe de beaucoup la plus grande place. Les trois parties dans lesquelles on a subdivisé F_3 — *pars opercularis, pars triangularis, pars orbitalis* — doivent être tenues pour operculaires, en tant qu'elles recouvrent toutes l'insula de différents côtés. Retzius propose la division suivante : 1° *pars opercularis superior; pars opercularis intermedia* (comprise entre les deux branches ascendante et horizontale du *ramus anterior fissurae* Sylvii); *pars opercularis anterior* seu *orbitalis.*

Retzius estime qu'on a aussi fort exagéré le rapport existant entre le développement de cette circonvolution, la troisième circonvolution frontale (F_3), considérée comme organe du langage, et le don oratoire, en quoi il est d'accord avec Eberstaller. On ne saurait d'ailleurs, dit-il, tirer de conclusions bien assurées de la forme extérieure et de la grandeur apparente d'une circonvolution à sa fonction (p. 112).

Les connexions anatomiques des organes nous révèlent la plus grande part de ce qu'il est possible de savoir de leurs fonctions. Cette proposition, qui domine toute notre conception de la physiologie cérébrale, trouvera surtout un jour sa justification pour le lobe frontal. Point de doute que l'incertitude qui plane encore sur la nature des fonctions de cette grande province du cerveau ne soit due en partie à l'état rudimentaire de nos connaissances sur les connexions anatomiques de ce lobe. Les régions du lobe frontal en rapport avec ses fonctions de centre de projection ont été déjà bien étudiées : le lobe frontal considéré comme

centre d'association demeure une sorte de *terra incognita*. Dans ce grand désert, une oasis : le centre de Broca.

Munk a soutenu, pour des raisons purement physiologiques, que le *sulcus cruciatus* de Leuret est homologue au sillon de Rolando du cerveau des singes (1). Outre la variabilité du sillon crucial, celui-ci est proprement une scissure de la face interne, non de la convexité du cerveau, telle que l'est le sillon central. Hitzig, après Gratiolet et Bischoff, réunit arbitrairement la frontale ascendante (FA) au lobe pariétal, conception d'autant plus erronée que, comme le remarque Ecker, cette circonvolution, en si étroite connexion avec le lobe frontal, n'a presque aucun rapport avec le lobe pariétal (2). D'autre part, si la FA appartenait au lobe pariétal, l'importance de cette circonvolution devrait, comme celle de la pariétale ascendante (PA), être en raison directe du développement du lobe pariétal : or, chez les Carnassiers le lobe frontal, comparé au lobe pariétal, est très peu développé. Ce fut même en partie pour réfuter ces erreurs anatomiques, dont le retentissement a été si étendu sur la physiologie du cerveau, que Meynert entreprit de soumettre de nouveau à un examen approfondi la question de l'origine et de la morphologie comparée du lobe frontal (3). « La scissure de Rolando, avait écrit Pansch, est la deuxième scissure primaire du cerveau humain ; elle est donc homologue à la deuxième scissure primaire du cerveau du chien, c'est-à-dire à la partie antérieure, entourant, sur la convexité, la scissure cruciale, de la scissure arquée supérieure, ou de la *fissura coronalis* d'Owen et de Krueg. » Meynert arrivait autrement au même résultat : la scissure coronale devait être, selon lui, la scissure centrale. Broca a reconnu chez les mammifères, en dehors du type des primates, comme scissure centrale ou sillon de Rolando, la *scissure présylvienne* de Krueg (*sulcus supraorbital* de Flower, *vordere oder senkrecht Hauptfurche* de Pansch). Après Eberstaller, nous estimons que tout est en faveur de la doctrine de Broca. Dans la partie de la convexité des hémisphères qui, sur le cerveau des mammifères osmatiques, limite en arrière cette scissure (la *fissura praesylvia*), les circonvolutions pariétales présentent déjà le même mode d'union que les circonvolutions pariétales du cerveau des primates dans la PA. La partie du cerveau située en avant de cette scissure ne constitue pas seulement l'extrémité frontale du cerveau : elle supporte avec la *scissure sous-frontale* des osmatiques le même rapport que le lobe frontal de l'homme avec le *sillon calloso-marginal*. Au-dessus de la scissure présylvienne, le lobe frontal et la circonvolution pariétale supérieure s'unissent tout à fait comme le font FA et PA dans le *lobe paracentral*. Enfin, l'extrémité inférieure de cette scissure se trouve aussi à proximité de la scissure de Sylvius ; elle n'y débouche pas toutefois ; elle en est séparée par un pli de passage constant, quoique

---

(1) H. Munk invoque pourtant les derniers résultats des travaux de Kükenthal et de Ziehen (*) et d'Eberstaller.

(2) Alex. Ecker. *Die Hirnwindungen des Menschen*, p. 11.

(3) Th. Meynert. *Die anthropologische Bedeutung der frontalen Gehirnentwickelung nebst Untersuchungen über den Windungstypus des Hinterhauptlappens der Säugethiere und pathologischen Wägungsresultaten der menschlichen Hirnlappen*. Jahrbücher f. Psychiatrie, VII, 1887, 1-48. — *Klinische Vorlesungen über Psychiatrie* (Wien, 1890) ; p. 243, critique des idées de Bischoff et de Hitzig.

(*) V. les *Untersuchungen für die Grosshirnfurchen der Primaten* dans la Jen. Zeitschrift für Naturwissenschaft, XXIX. N. F., XXII, et les Jenaische Denkschriften, III, 1889, p. 177.

souvent inaperçu, qui, comme chez l'homme, met en connexion l'extrémité inférieure du territoire cortical qu'on doit considérer comme celui de FA avec les extrémités inférieures des circonvolutions arquées du lobe pariétal.

En considérant les essais tentés par la physiologie expérimentale pour déterminer la nature des fonctions du *lobe frontal*, Th. Meynert avait été particulièrement frappé par les différences et l'opposition des résultats et des doctrines que représentent et synthétisent en quelque sorte les noms de Hitzig et de Munk. Pour Meynert, « l'hypothèse psychologique » de Hitzig (1) s'écartait décidément trop des limites d'une induction physiologique; elle était fondée exclusivement sur une « exclusion », c'est-à-dire sur l'absence de réaction aux stimulations expérimentales et sur le manque de tout rapport apparent de cette province du cerveau avec les fonctions motrices : « l'excitation de la pointe du lobe frontal du chien n'est suivie d'aucune contraction; les expériences d'ablation ou de destruction ne laissent paraître aucune altération des mouvements (*Lähmungsversuche*). »

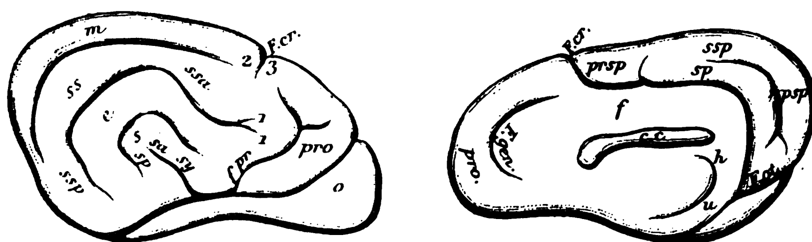


Fig. 10. — Faces externe et interne du cerveau du chien.

sy	Fossa Sylvii.	*ss*	Gyrus suprasylvius — anter. et post. *(ssa, ssp)*.
f. pr	Fissura praesylvia.	*m*	Gyrus marginalis.
f. cr	Fissura cruciata.	*pro*	Prorea.
f. ot	Fissura occipito-temporalis.	*cc*	corpus callosum.
f. gen	Fissura genualis.	*f.*	Gyrus fornicatus.
1.	Gyrus coronalis.	*h*	Gyrus hippocampi.
2.	Gyrus cruciatus posterior.	*u*	uncus.
3.	Gyrus cruciatus anterior.	*sp*	Gyrus splenialis.
o	Lobus olfactorius.	*prsp*	Gyrus praesplenialis.
s	Gyrus sylviacus — anter. et post. *(Bogenwindung)*.	*ssp*	Gyrus suprasplenialis.
e	Gyrus ectosylvius.	*psp*	Gyrus postsplenialis.

Il est vrai que Hitzig avait vu se produire, dans ses expériences sur le lobe préfrontal, outre une lésion « considérable » de l'intelligence, des troubles également « considérables » de la vision, sans parler de quelques autres troubles moteurs des extrémités, qu'il considère lui-même comme pouvant s'expliquer par quelque action secondaire exercée à distance sur le gyrus sigmoïde. « L'hypothèse de Hitzig ne servirait qu'à combler provisoirement une lacune de nos connaissances » : elle n'a aucun fondement scientifique.

Quant à l'hypothèse de Munk, d'après laquelle l'ablation unilatérale de la *région préfrontale* serait suivie, chez le chien et le singe, d'une paralysie durable des *muscles du tronc* du côté opposé, si bien que l'animal ne peut plus courber de ce côté sa colonne vertébrale; l'ablation bilatérale, d'une paralysie des *muscles du tronc* des deux côtés,

(1) Arch. f. Psych., XV, 1884, 270-272 (Wanders. d. Südwestd. Neurol. u. Irrenärzte in Baden, 16-17 juin 1883).

faisant prendre à la colonne vertébrale la courbure en dos de chat, Meynert la croyait fondée, quoique indirectement, sur les faits de l'évolution « génétique », c'est-à-dire sur les changements parallèles du cerveau et des conditions nouvelles de la station et de la marche chez les anthropoïdes et chez l'homme. Quant au rôle physiologique attribué par Munk au *lobe préfrontal*, celui de centre d'innervation de la musculature du *tronc*, Meynert ne pouvait que partager la réserve critique des physiologistes qui, sans plus douter que Hitzig lui-même de la réalité des résultats annoncés par Hermann Munk, n'ont pu cependant reproduire les expériences du célèbre physiologiste de Berlin.

Le lobe préfrontal, rattaché ainsi à ce qu'on appelait les territoires moteurs de l'écorce cérébrale, ferait partie de la sphère sensitive du corps, de la *Körperfühlsphäre* de Munk et de Flechsig : ce serait la *Fühlsphäre du tronc*, encore que David Ferrier reproche à Munk de n'avoir administré aucune preuve d'une altération de la sensibilité générale du tronc au cours de ses expériences d'ablation totale des régions préfrontales. Quoi qu'il en soit, les innombrables associations d'attitude et de position du tronc avec la station, la marche et le travail manuel de l'homme, depuis que les extrémités supérieures de son corps sont délivrées des fonctions de la locomotion, expliqueraient suffisamment, suivant Meynert, l'existence d'un grand territoire cortical tel que le lobe préfrontal, avec ses puissants faisceaux de substance blanche, substratum anatomique des processus mentaux de ces associations.

L'idée qu'on devrait se faire du lobe frontal serait ainsi fort différente de celle qu'on peut appeler populaire et à laquelle Hitzig s'était encore rallié. L'opinion que le lobe frontal est l'organe de l'intelligence et que son développement est en rapport spécial avec l'étendue de cette fonction est certainement née à une époque où déjà l'intelligence avait été située dans le cerveau. Or, suivant Th. Meynert, cette opinion n'a pas des racines très profondes dans l'antiquité ; l'époque antégalénique elle-même serait peut-être restée encore étrangère à cette idée. En tout cas, c'est une erreur absolue de croire que la forme du front du Jupiter de Phidias correspondrait à l'intention qu'aurait eue l'artiste d'exprimer, d'une manière surhumaine, l'intelligence des dieux. Les connaisseurs de la sculpture antique ont établi depuis longtemps déjà que ce front, entre autres, avec sa structure tout à fait inadéquate aux formes humaines, avec ses parties médianes étroites et verticales et ses saillies, exprime la *force* et la *puissance* de Zeus, la *terreur* qu'il doit inspirer, mais nullement des facultés, même sublimes, analogues à celles de l'intelligence humaine. Phidias a donné au Jupiter tonnant le front du lion, étroit et droit, en ayant égard non pas certainement au cerveau du lion, très petit, très inférieur en volume à celui de l'ours, mais par rapport à ses cavités nasales, à ses larges et puissantes narines. Cela suffit pour qu'il ne soit plus permis de

voir dans ce front une sorte d'exaltation du front de l'homme : c'en est au contraire une « déviation », qu'explique la coutume où était l'art antique d'exprimer, comme en témoignent les monuments de la sculpture, la toute-puissance des dieux en leur attribuant certaines formes empruntées à des animaux dont la force physique, avec la terreur qu'elle inspire, l'emporte de beaucoup sur celle de l'homme.

La proportion dans laquelle participent les différentes parties de l'encéphale et du cerveau antérieur aux lésions destructives et dégénératives des diverses affections cérébrales a permis à MEYNERT, ainsi qu'à ceux qui ont mis en pratique ses méthodes de division et de pesées de ces parties, tels que TIGGES et JENSEN, de jeter une lumière souvent assez vive sur la nature fonctionnelle des différents centres d'association du manteau, sans parler des centres sous-corticaux et du cervelet. Il ne suffit pas de savoir, en effet, que c'est chez les paralytiques généraux que l'atrophie du manteau est le plus accusée, qu'ensuite viennent celles du tronc de l'encéphale et du cervelet : il faut établir que, sur le manteau lui-même, c'est le lobe frontal dont la perte de poids est la plus considérable. Pour cela, c'est-à-dire pour peser isolément les lobes frontal, pariétal et temporo-occipital, MEYNERT fait passer une coupe par le sillon de ROLANDO et une seconde coupe entre le coin et l'avant-coin en arrière du *splenium* du corps calleux et sur l'extrémité supérieure de la branche postérieure de la scissure de SYLVIUS. Plus tard, MEYNERT a séparé le lobe temporal des lobes pariétal et occipital : il a pu constater ainsi qu'après le lobe frontal, c'est le lobe temporal qui subit la plus grande perte de poids dans la démence paralytique, alors que les lobes pariétal et occipital participent seulement à un moindre degré à l'atrophie considérable du cerveau dans cette affection primaire des neurones de l'écorce. Tous les poids relatifs au lobe frontal demeurent toutefois encore les plus dignes de confiance à cause de la limite exacte qui sépare ce lobe des autres lobes et de l'exactitude de la section menée par le sillon de ROLANDO. On voit que les parties les plus atrophiées du cerveau dans la maladie qui réalise la plus profonde déchéance de l'intelligence sont le lobe *frontal*, le lobe *temporal* et le lobe de l'*insula* (qui fait partie du tronc encéphalique dans cette méthode), bref, les circonvolutions dont les fonctions en rapport avec le langage, et, partant, avec la pensée, sont le mieux connues.

Le *lobe frontal* a été trouvé au contraire moins affecté dans la mélancolie que les lobes pariétal et temporo-occipital, siège des hallucinations de la sensibilité générale, de l'ouïe et de la vue dans cette psychose. Mais le poids du lobe *frontal* ou *préfrontal* diminue dans la manie, où le pont de VAROLE, le cervelet et la moelle allongée subiraient le contre-coup de la lésion du lobe préfrontal, en vertu des connexions indiquées par FLECHSIG, rappelées par TIGGES. Cet auteur postule nettement l'existence d'une localisation différente pour les diverses formes de troubles psychiques (1). Prise à la lettre cette théorie est naturellement trop simple pour faire un seul instant illusion ; elle est aussi insuffisante que celle qui faisait dériver la manie et la mélancolie de l'hypérémie et de l'anémie du cerveau, aussi prématurée que celle qui s'est essayée à ramener les conditions anatomiques des diverses psychoses à certains troubles définis de la nutrition des cellules nerveuses de l'écorce avant qu'il fût possible de connaître, au moyen des procédés actuels de coloration, dont l'incessant progrès transforme presque chaque jour les idées à ce sujet, la structure et la

(1) TIGGES. *Das Gewicht des Gehirns und seiner Theile bei Geisteskranken*. Allg. Zeitschrift für Psychiatrie, 1889, 97-223.

texture élémentaires, si hétérogènes et si complexes, des divers types de neurones. Une étude exacte et très étendue du poids du cerveau, et surtout de ses parties, d'après la méthode de Meynert, n'en possède pas moins une valeur scientifique propre, et il serait facile de retrouver, même dans les derniers travaux de physiologie cérébrale de Flechsig, en particulier dans l'essai de rattacher certaines psychoses et maladies organiques du cerveau à certains territoires de l'écorce, quelques-unes des indications de localisation cérébrale morbide sorties des pesées comparatives de Tigges et d'autres élèves de Meynert. L'inégalité de poids des deux hémisphères est, on le sait; de même que leur asymétrie, à peu près constante chez les aliénés comme chez les individus sains d'esprit (Broca). Chez ceux-ci, on a longtemps admis que l'hémisphère gauche était plus pesant et que la moitié gauche du crâne était plus développée (Ogle, Demme, Boyd, Hasse, etc.). L'hémisphère gauche devait aussi être plus précoce, et c'est à la place occupée par le cœur dans l'économie que Wundt inclinait encore à attribuer cette précocité de développement. Tigges et Julius Jensen (1) ont constaté que, chez les aliénés, l'hémisphère droit l'emporte en poids sur le gauche. Tigges estime qu'il en est ainsi également chez les individus normaux, non pas toujours sans doute, mais dans la plupart des cas, moins souvent pourtant que chez les aliénés. « Comme l'humanité est droitière dans son ensemble, l'hémisphère gauche du cerveau devrait, en raison de son activité supérieure, être plus pesant. Il le devrait peut-être, dit Julius Jensen, mais il ne l'est pas. »

Des pesées recueillies par Broca dans les hospices et dans les hôpitaux, à Bicêtre et à la Salpêtrière, à Saint-Antoine et à la Pitié, et inscrites dans son registre, au nombre de 347 (231 hommes et 116 femmes), il résulte aussi que l'hémisphère droit prédomine, pour les hommes, de $1^{gr},2$, pour les femmes, de $0^{gr},2$ seulement (2). Mais, pour ce qui a trait au *lobe frontal*, l'avantage en faveur de l'hémisphère droit paraît n'exister que chez les aliénés, ou, pour parler plus exactement, dans certaines formes d'affections du cerveau (3).

---

(1) Julius Jensen. *Untersuchungen über 453 nach* Meynert's *Methode getheilten und gewogenen Gehirnen von geisteskranken Ostpreussen*. Arch. f. Psych., 1889, XX, 170-221.

(2) Ph. Rey. *Du poids des hémisphères cérébraux d'après le registre de* Broca. Ann. médico-psychol., 1885, 74, 248.

(3) D'après les pesées de Broca, le lobe frontal gauche a plus de poids que le lobe frontal droit, chez les individus sains d'esprit, quel que soit le poids du cerveau, quoique l'écart entre les deux lobes diminue avec le poids de l'organe tout entier. Pour les cerveaux au-dessus et au-dessous de la moyenne, l'écart est respectivement de 3,5 et 2,2. Chez la femme, le lobe frontal gauche l'emporte aussi en poids sur le droit et la différence égale 1,6. Chez les adultes, la prédominance du lobe frontal gauche est plus marquée que chez les vieillards. Dans l'âge adulte, les hommes ont proportionnellement plus de lobes frontaux, les femmes dans la vieillesse. Mais chez les uns comme chez les autres, l'influence de l'âge retentit surtout sur les régions pariéto-temporales de la division du cerveau de Broca. Dans sa pratique, en effet, Broca n'isolait pas le lobe pariétal et le lobe temporal, comme il faisait le lobe frontal et le lobe occipital, que délimitent clairement la scissure de Rolando et les scissures perpendiculaires interne et externe, la limite entre les lobes pariétal et temporal étant loin d'être aussi nettement indiquée. Cette dernière région constituait donc celle qu'il appelait pariéto-temporale. Ce n'est qu'assez tard que Meynert aussi isola le lobe temporal. Or, si l'on rapproche les poids des lobes frontaux, occipitaux et pariéto-temporaux du tableau suivant dressé par Ph. Rey d'après le registre de Broca, on constate que, contrairement à ce qui a été trouvé pour le lobe frontal, c'est l'hémisphère droit qui l'emporte sur le gauche pour le poids des lobes occipitaux et des lobes pariéto-temporaux. La différence de poids est aussi toujours plus élevée pour la région pariéto-temporale que pour la région occipitale.

L'ensemble des 231 cas chez les hommes et des 116 cas chez les femmes, recueillis par Broca,

Aux arguments de Broca en faveur de l'homologie de la scissure présylvienne et du sillon central, Eberstaller en ajoute deux autres qui, selon nous, achèvent de démontrer la vérité de cette conception. Ces arguments ne sont pas tirés de la considération du cerveau de l'homme et appliqués au cerveau des animaux, mais transportés de celui-ci à celui-là (1) : I. L'extrémité inférieure de la scissure présylvienne correspond, sur le cerveau des osmatiques, chez le tapir, par exemple, avec la scissure qui sépare les deux plis de passage temporo-frontal et pariéto-occipital d'où se sont développés l'insula antérieur et l'insula postérieur des primates. S'il est possible de prouver que l'insula de l'homme se partage en un insula antérieur et en un insula postérieur ayant les mêmes rapports topographiques avec le manteau que les régions homologues des osmatiques, la preuve de la terminaison ***inférieure*** de la scissure centrale, ou sillon de Rolando, sera administrée. Or, Eberstaller a démontré que la scissure centrale qui sépare les deux insula de l'homme (***sulcus centralis insulae***) est en correspondance avec l'extrémité inférieure de la scissure centrale de la convexité des hémisphères, c'est-à-dire du sillon de Rolando. Donc la scissure présylvienne des mammifères autres que les primates est homologue à la scissure centrale ou sillon de Rolando des primates. II. Sur le cerveau des osmatiques, immédiatement en arrière de l'extrémité ***supérieure*** de la scissure présylvienne, se trouve le ***sulcus cruciatus*** de Leuret, qu'entoure le gyrus sigmoïde de Flower. Si l'on arrive à établir que le sillon crucial présente le même rapport de situation topographique sur le cerveau humain avec l'extrémité supérieure du sillon de Rolando, la seconde preuve annoncée par Eberstaller sera fournie, celle-ci relative à la terminaison ***supérieure*** de la scissure centrale, et ayant toujours pour but d'identifier la scissure présylvienne des mammifères autres que les primates avec le sillon de Rolando. Quelle scissure du cerveau de l'homme correspond au ***sulcus cruciatus*** de ces mammifères? Munk, nous le savons, con-

---

sans distinction de l'âge ni de la taille, provenant de cerveaux d'individus sains d'esprit, ont donné les moyennes suivantes :

Hommes	*Lobes frontaux.*	*Lobes occipitaux.*	*Lobes pariéto-temporaux*
Hémisphère droit.	238,3	55,6	262,9
— gauche	239,9	55,1	260,6
	478,2	110,7	523,5
Femmes			
Hémisphère droit.	203,4	48,4	222,4
— gauche..	205,05	47,5	221,1
	408,45	95,9	443,5

Voici maintenant, toujours quant à l'inégalité des hémisphères cérébraux et de leurs parties, les résultats moyens des pesées de Tigges, selon la méthode de Meynert, relatifs à des cerveaux d'aliénés :

Hommes	*Manteau des hémisphères.*	*Lobe frontal.*	*Lobe pariétal.*	*Lobe temporo-occipital.*
Hémisphère droit. . .	503,6	206,7	112,0	184,9
— gauche. .	501,5	205,4	112,0	184,1
Femmes				
Hémisphère droit. . .	462,3	191,9	101,2	169,2
— gauche. .	457,1	189,5	101,5	166,1

(1) O. Eberstaller. *Das Stirnhirn. Ein Beitrag zur Anatomie der Oberfläche des Grosshirns.* Wien und Leipzig, 1890, p. 128 sq.

sidère pour des raisons physiologiques le sillon de Rolando comme le représentant du sillon crucial. Meynert estimait, après F. Schmidt, que le *sulcus cruciatus* faisait défaut chez les singes et chez l'homme. Betz, se fondant sur la composition histologique du lobule paracentral du cerveau humain, le désigne comme région équivalente au gyrus sigmoïde des Carnassiers et fait de la scissure limitant le lobule paracentral une scissure qui, chez ces mammifères, constitue le sillon crucial, idée combattue par Pansch. Broca, Giacomini, Schwalbe admettent simplement que l'extrémité supérieure externe de la *scissure sous-frontale* du cerveau de l'homme correspond au *sulcus cruciatus*. La branche ascendante terminale postérieure de cette scissure sous-frontale, qui passe entre le lobule paracentral et l'avant-coin (*praecuneus*), provient chez l'homme d'une disposition anatomique distincte de la branche principale de la scissure limbique. « Cette branche ascendante du *sulcus calloso-marginalis* des auteurs est le représentant du *sulcus cruciatus* des Carnassiers sur le cerveau humain », dit Eberstaller (p. 132). Chez les primates, cette branche du sillon calloso-marginal est d'ordinaire en rapport avec la partie sous-frontale de la scissure limbique et se trouve séparée de la partie sous-pariétale; mais, chez les osmatiques et chez les mammifères marins, elle est plus souvent en rapport avec la partie sous-pariétale de cette scissure, région ici beaucoup plus développée, à cause du manque de prépondérance du lobe frontal. Sur le cerveau de l'homme même on peut rencontrer par exception une formation homologue à celle du *sulcus cruciatus* des Carnassiers (Eberstaller, fig. 2).

Cette démonstration du sillon crucial des mammifères autres que les primates sur le cerveau humain, en arrière de l'extrémité supérieure du sillon de Rolando, prouve, du même coup, que c'est bien dans cette région que se termine l'extrémité *supérieure* du sillon de Rolando. Eberstaller arrive ainsi à l'importante conclusion qui résume tout son beau mémoire, et dont la portée peut à peine encore être entrevue, mais domine toute la phylogénie et l'ontogénie du grand centre d'association antérieure de l'intelligence.

« Comme la scissure présylvienne appartient, dit-il, à *tous* les mammifères gyrencéphales, ce qui concorde parfaitement avec l'apparition précoce de la disposition du sillon de Rolando sur le cerveau du fœtus et avec son importance de scissure primaire, il en résulte que *tous les mammifères gyrencéphales possèdent un lobe frontal* (distinct, ajoute Broca, du *lobe pariétal*). Mais sur les cerveaux osmatiques, « ce lobe frontal est presque constamment très petit, très simple, et réduit le plus souvent à une seule circonvolution » (Broca, Mémoire cité, p. 300); il est en tout cas beaucoup plus petit que celui que Meynert avait attribué à l'ours et au chien, et sa grandeur dépend de l'inclinaison de la scissure que nous avons reconnue comme le représentant du sillon de Rolando. La seule subdivision que l'on remarque sur le lobe frontal de la plupart de ces cerveaux consiste en une dépression longitudinale large et ordinairement peu profonde, située sur la face inférieure, et dans laquelle s'applique le pédoncule du lobe olfactif. Toutefois, écrit Broca, sur les cerveaux les plus compliqués (cheval, chameau, bœuf, tapir), le lobe frontal est un peu plus grand et subdivisé par un ou deux sillons. Sur l'immense cerveau de l'éléphant, le lobe frontal est relativement beaucoup plus grand et beaucoup plus compliqué. Quelquefois aussi la scissure de Rolando se relève plus ou moins. Mais la scissure de Rolando des mammifères autres que les primates n'est pas située au-dessus, mais en avant de la scissure de Sylvius, et sa direction oblique, non pas en arrière, mais en avant. Or, c'est l'obliquité de cette scissure en avant qui explique, avec la petitesse relative du lobe frontal chez la plupart des mammifères gyrencéphales, comparés aux primates, surtout aux anthropoïdes et à l'homme, le puissant développement du lobe pariétal chez ces êtres en regard du lobe frontal. Mais le plus grand territoire d'association, le foyer le plus

étendue de l'intelligence, de la pensée, est encore localisé, chez l'homme comme dans le reste de la série des mammifères, au cerveau pariétal, dont les lobes occipital et temporal ne sont que des parties différenciées, où la division du travail physiologique a déterminé l'apparition de centres fonctionnels à localisation spéciale. Si cette histoire du cerveau frontal et du cerveau pariétal, devenu le lobe pariéto-occipito-temporal, est véritable, et il ne me paraît pas possible d'ébranler la solidité des preuves sur lesquelles elle est édifiée, ne semble-t-il pas que l'homme possède désormais une connaissance à peu près exacte, et sûrement vraie dans ses grandes lignes, de l'origine et du développement de son cerveau ?

La loi d'évolution que l'on surprend dans le développement de la surface du manteau des primates et de l'homme, loi d'accord avec la phylogénie de ces mammifères, c'est que le lobe frontal a de plus en plus grandi au regard du lobe pariéto-occipital (1). Le lobe frontal, au plus haut degré de développement relatif chez l'homme, diminue de l'homme aux anthropoïdes, des anthropoïdes au cébus et au macaque, pour atteindre chez le mangaby et le cercopithèque ses dimensions les plus étroites. D'où la loi énoncée dès 1888 par MINGAZZINI : « Le développement du lobe frontal, comparé à celui du lobe pariéto-occipital, distingue le cerveau de l'homme de celui des primates (2). »

Et puisque le développement supérieur du cerveau frontal distingue, par rapport à celui du lobe pariéto-occipital, le cerveau de l'homme de celui des autres primates, « il est logique de conclure, ajoute MINGAZZINI, que ce fait doit être posé comme une des caractéristiques fondamentales de l'*évolution psychique* des primates et de l'homme. » Or, il est advenu que CUNNINGHAM a précisément été conduit, en se fondant sur des résultats de mensurations pratiquées par lui, à contester cette loi de MINGAZZINI ; il affirme que le lobe frontal, encore qu'extrêmement petit chez les singes inférieurs, serait relativement plus grand, dans sa portion supérieure, chez les anthropoïdes que chez l'homme. Il argue, pour soutenir ce paradoxe, que l'extrémité supérieure du sillon de ROLANDO est située, chez le chimpanzé et chez l'orang, relativement plus en arrière que dans le cerveau humain adulte ; ce n'est, remarque-t-il, que dans les singes inférieurs du vieux monde que le sillon de ROLANDO se trouve plus en avant

---

(1) Le développement du cerveau frontal (*Stirnhirn*), ou *lobe frontal*, dans la série des mammifères, est certainement un fait d'évolution supérieure. Même chez les osmatiques, tels que le chien, RÜDINGER a constaté que dans des jumeaux de sexe différent, ce lobe reste plus longtemps simple et lisse chez le fœtus femelle que chez le fœtus mâle. I. *Ueber die Hirne verschiedener Hunderassen*. II. *Ueber die Hirne von Zwillingen*. Verhandl. d. Anat. Gesellsch. Strasb., 1894. Anat. Anz., 1894. Suppl.

(2) GIOVANNI MINGAZZINI. *Il cervello in relazione con i fenomeni psichici. Studio sulla morfologia degli emisferi cerebrali dell' uomo*. Torino, 1895, 23.

que chez l'homme. « La valeur de cette conclusion anatomique serait indiscutable, écrit MINGAZZINI, si CUNNINGHAM avait tenu compte aussi dans ses calculs de la distance relative qui existe entre l'extrémité inférieure du sillon de ROLANDO et le pôle frontal, en d'autres termes, de l'indice inférieure fronto-rolandique, et s'il avait ensuite, en calculant la moyenne des deux indices rolandiques, mesuré le développement relatif du lobe frontal comparativement au développement relatif du lobe pariéto-occipital ». Ce que n'a pas fait CUNNINGHAM, MINGAZZINI l'a fait, et c'est en entrant dans la voie même où CUNNINGHAM l'avait précédé qu'il est parvenu, à l'aide de ce calcul, à un résultat tout différent. La loi qu'il a posée et les conclusions logiques qui en sortent paraissent donc au savant anatomiste de Rome plus assurées que jamais.

En tenant compte de la position occupée sur le manteau, aux différents âges de la vie, par le sillon de ROLANDO chez l'homme et chez la femme, CUNNINGHAM a conclu, après EBERSTALLER, que l'étendue du lobe frontal de la femme est un peu plus grande que celle de l'homme. A partir du septième mois de la vie fœtale, MINGAZZINI a constaté que ce lobe était plus plissé chez l'homme que chez la femme. Dans les cerveaux des races inférieures, où les arrêts de développement sont très fréquents, le développement du lobe frontal a été trouvé médiocre ou faible, en particulier celui de F_3 ; le sillon de ROLANDO est plus rapproché du pôle frontal, les plis des circonvolutions frontales sont simples, l'insula est souvent découvert. Toutefois, quelque tendance à varier et à s'écarter du type ordinaire que présentent les différents lobes cérébraux des hommes supérieurs, « aucun fait, écrit MINGAZZINI, n'autorise à localiser le siège des plus hautes fonctions psychiques dans tels ou tels districts déterminés de l'écorce. Il n'y a jusqu'ici qu'une seule exception à cet égard ; elle a trait à la *pars opercularis* de la troisième circonvolution frontale (F_3). Cette région, les observations cliniques l'ont mis hors de doute, est le siège des représentations mnémoniques des images motrices du langage. La constance de son développement supérieur chez les orateurs éminents, son atrophie chez les sourds-muets, permettent d'affirmer que la disposition aux manifestations les plus élevées de la parole consiste réellement dans un développement extraordinaire de ce pli du manteau du côté gauche ».

La discussion des observations sur le nombre et les variétés morphologiques des circonvolutions et des sillons du lobe frontal de l'homme ressortit à l'anthropologie. L'hypothèse qu'avait émise BENEDIKT sur la signification phylogénique de la fréquence du type du lobe frontal à quatre circonvolutions chez les criminels, a seule une importance historique pour l'étude des doctrines du système nerveux central. Comme les espèces les moins élevées des gyrencéphales, les carnivores, les ongulés, ont un manteau cérébral à quatre circonvolutions

primitives (*Urwindungen*), que séparent trois sillons arqués. Benedikt en avait conclu à la possibilité d'une transmission héréditaire d'instincts en rapport avec cette structure. Après les recherches d'Hanot, il fit connaître que, chez les délinquants, la F_3 n'est jamais divisée complètement, mais que la F_2 l'est dans la proportion de 18 pour 100 et la F_1 dans celle de 9,1 pour 100. Pour Mingazzini, il n'existe pas de type spécial de cerveaux de criminels : la corticalité des hémisphères des délinquants est de tous points semblable à celle des hémisphères morphologiquement normaux, encore qu'on ne puisse disconvenir qu'il se rencontre plus souvent dans ceux-là que dans ceux-ci des dispositions insolites, des anomalies relevant d'arrêt de développement ou de nature phylogénique. Nous avons parlé, d'après Hammarberg, de ces derniers phénomènes naturels chez les idiots. Des études de Rüdinger sur les sourds-muets, il ressort que la F_3 gauche est souvent rudimentaire, comparée à celle de droite, quoique ce ne fût pas le cas, au contraire, chez Laura Bridgmann : chez cette sourde-muette, la *pars triangularis* de F_3 était plus développée à gauche qu'à droite : il en était de même de la *pars basilaris*. Enfin, les réveils ataviques des microcéphales ne sont pas plus des résurrections d'un anthropopithèque hypothétique (Vogt) que le « criminel-né » n'est un revenant des âges préhistoriques : ils indiquent simplement que l'évolution d'un organe ou d'un groupe d'organes a été incomplète ou troublée ; « un accident pathologique est la condition nécessaire d'une reviviscence atavique ». Ainsi, ces résidus morbides congénitaux sont plus communs dans le cerveau des microcéphales que dans celui des idiots ; ils sont rares chez les aliénés, presque inconnus chez les criminels. Les dispositions morbides qui s'observent dans le cerveau des aliénés ne datent, pour la plus grande part, que de la vie extra-utérine. Il ressort, en effet, des tableaux dressés par Mingazzini, que les caractères primatoïdes (Kurella) qu'on peut considérer comme des arrêts de développement, ou caractères *néophylétiques* (Preyer), sont assez fréquents chez les aliénés et surtout chez les idiots, — tandis que les caractères pithécoïdes, possédant la valeur d'une véritable résurrection atavique (caractères *paléophylétiques*), rares chez les idiots, plus rares encore chez les aliénés, n'ont jamais été signalés jusqu'ici chez les criminels. L'arrêt de développement des opercules de la fosse de Sylvius qui laissent à découvert l'*insula*, la distinction peu nette du *gyrus supramarginalis* et du *gyrus angularis*, la superficialité du *gyrus cunei*, le développement rudimentaire du *ramus anterior fissurae Sylvii* et de F_3 sont bien des caractères néophylétiques : transitoires chez le fœtus humain, ils rappellent des dispositions permanentes du cerveau d'un grand nombre de primates. Mais il y a encore chez les microcéphales d'autres « souvenirs » qui sont inconnus dans l'ontogénie du cerveau humain, telles la communication du *sulcus temporalis supremus* (T_1) avec le *ramus posterior fissurae* Sylvii, la présence du *rostrum ethmoïdale*, l'obliquité de la portion ascendante du sillon calloso-marginal, etc. : tous ces caractères, qui ne se montrent jamais dans le développement ontogénique de l'homme, sont plus anciens, primatoïdes et véritablement *paléophylétiques*.

Marchand, à la fin de son étude si approfondie sur la morphologie du lobe frontal et de l'insula des anthropoïdes, a écrit quelques pages des plus remarquables pour l'étude comparée des fonctions du cerveau chez le singe et chez l'homme (1). Il conteste que, de l'absence de certaines

(1) Marchand. *Die Morphologie des Stirnlappens und der Insel der Anthropomorphen* Iéna, 1893, p. 91 sq. (Arbeiten aus d. patholog. Inst. zu Marburg. II Bd.).

fonctions chez les animaux, on ait le droit de tirer des conclusions sur le rôle et la signification morphologique de telle ou telle partie de la surface des hémisphères cérébraux ; rien n'est moins justifié lorsqu'il s'agit, par exemple, d'une fonction aussi complexe que celle du langage. Le langage peut faire défaut ou être très rudimentaire chez l'homme, et cela pour des raisons parfaitement déterminables, sans qu'on puisse déceler de changements morphologiques dans le « centre du langage ». On n'a donc pas le droit de conclure de l'absence de cette faculté chez les animaux, chez les microcéphales et chez les idiots, à la valeur *morphologique* de certaines parties. Ces inférences ne seraient légitimes que relativement au rôle *physiologique* de ces parties, après que la morphologie aurait démontré l'identité plus au moins complète de ces parties avec celle du cerveau humain. Ainsi, il n'est pas permis de dire avec BISCHOFF et quelques autres savants : Comme les singes ne peuvent parler, ils ne possèdent point de troisième circonvolution frontale développée. Il faut dire au contraire : Comme le langage fait défaut aux singes, la troisième circonvolution frontale, qui existe bien chez eux, a un autre rôle physiologique que celle de l'homme. Il est donc sans nul doute d'un très grand intérêt d'établir expérimentalement dans quelle mesure les fonctions physiologiques des différentes parties du manteau ressemblent, chez le singe, à celles de l'homme. Plus cette enquête portera sur des espèces d'une organisation élevée, plus l'accord paraîtra grand entre les phénomènes observés chez le singe et chez l'homme, plus les faits nouveaux qu'on acquerra ainsi nous renseigneront sûrement sur ce que l'observation directe du cerveau de l'homme ne nous permet pas de découvrir.

On connaît les résultats auxquels sont arrivés à cet égard, pour le cerveau du singe, FERRIER, HORSLEY et SCHÄFER, BEEVOR et SEMON. Les expériences instituées par BEEVOR et HORSLEY sur le cerveau de l'orang-outang sont particulièrement importantes, puisque ce sont les premières, et jusqu'ici les seules, qui l'aient été sur un cerveau d'anthropoïde. Les auteurs ont choisi l'orang parce qu'ils ont cru qu'il est plus près de l'homme que le chimpanzé. Or, MARCHAND, au cours de son travail, et quant à la morphologie du lobe frontal en particulier, a plusieurs fois fourni la preuve de l'inexactitude de cette supposition. La F_3 présente, chez le chimpanzé et le gorille, toutes les particularités caractéristiques du cerveau humain ; ce qui n'est pas le cas chez l'orang. De même, chez le chimpanzé et le gorille cette circonvolution frontale prend de plus en plus part à la formation de l'*operculum superius* ; et cela n'a pas lieu non plus chez l'orang. Chez l'orang, la séparation des deux parties de F_3 est encore très incomplète ; la portion postérieure s'anastomose largement avec la moitié externe de F_2 ; on ne saurait encore parler chez cet anthropoïde d'une connexion de F_3 avec FA. Au contraire, dans tous les cerveaux de chimpanzé et de gorille, le pied de la troisième circonvolution frontale se trouve puissamment anastomosé avec la partie inférieure de la circonvolution frontale ascen-

dante (1). D'après Cunningham, le *sulcus frontalis medius*, développé chez le chimpanzé et le gorille comme chez l'homme, et douteux chez l'orang, est absent chez le gibbon (2).

Chez le chimpanzé, en particulier, les sillons et les circonvolutions correspondent beaucoup plus à ceux de l'homme, et partant sont beaucoup plus faciles à identifier que chez l'orang. Tout le territoire de la troisième circonvolution frontale proprement dite (F_3), de même que les parties situées au-dessus de f_2 se sont trouvés *inexcitables*: en excitant la partie externe de F_2 entre f_2 et la région postérieure du *sulcus rectus*, on détermina un mouvement conjugué des yeux du côté opposé; l'excitation d'un point en avant de l'extrémité supérieure du sillon précentral inférieur, correspondant à la racine inférieure de F_2, fut également suivie de la même réaction, quoique plus faible. Chez le *macacus sinicus* on obtenait cette réaction de toute la portion postérieure de la circonvolution frontale inférieure située en avant du sillon précentral inférieur, tandis que, entre la partie postérieure du *sulcus rectus* et la *pars horizontalis* du *sulcus arcuatus*, l'excitation provoquait non seulement un mouvement conjugué des deux yeux du côté opposé, mais une rotation de la tête; l'excitation de la partie située au-dessus de ces sillons n'était suivie que de la rotation de la tête. Ces centres, aussi bien que ceux qui sont situés chez le macaque à la région supérieure et postérieure du lobe frontal sont localisés, chez l'orang, plus en arrière sur le territoire de la circonvolution frontale ascendante (FA), si bien que, de haut en bas, les centres s'y ordonnent de la manière suivante : *gros orteil, petits orteils, articulation du pied, genou, hanche, épaule, coude, poignet, doigts, pouce* (au-dessus du genou du sillon central). Suit le centre de l'*ouverture des yeux* avec mouvement simultané des *yeux* et de la *tête* du côté opposé, et celui de l'*occlusion des yeux*. Tout le territoire inférieur de FA, entre le sillon de Rolando et le sillon précentral inférieur, est occupé par les centres des différents mouvements de la *langue*, des *lèvres* et de la *bouche*. Cette division correspond en tout à celle de la convexité corticale du macaque, mais on a déterminé, en outre, chez ce singe, dans la partie antérieure de l'*operculum*, tout à fait en arrière du sillon précentral, les centres des mouvements de la *mastication* et de la *déglutition*, et tout particulièrement celui des mouvements des *cordes vocales*, par conséquent de mouvements en étroits rapports avec le langage. Si l'on compare cette topographie des centres fonctionnels de l'écorce chez l'orang et le macaque avec celle des planches XI, XXII et XXV du livre d'Exner, résultant d'observations pathologiques, la concordance est tout à fait satisfaisante. Marchand a fait remarquer que, déjà chez le macaque, les sillons délimitent les différentes aires fonctionnelles; la localisation des mouvements n'existe que sur le sommet des circonvolutions; à proximité des sillons, l'écorce est *inexcitable*. Chez l'orang, la délimitation des différents centres est encore plus nette, et même entre des territoires excitables se trouvent des aires corticales, sans incisures ni sillons, qui sont *inexcitables*. C'est là un principe dont les cas doivent être beaucoup plus nets encore sur l'écorce cérébrale de l'homme, beaucoup plus circonvolutionnée; Beevor et Horsley n'en doutent point; aussi bien les excitations faradiques directes que Keen, Lloyd et Deaver, Nancrède, et surtout Horsley lui-même ont appliquées à l'écorce du cerveau de l'homme confirment de tous points cette induction.

---

(1) Marchand. *Die Morphologie des Stirnlappens*, p. 38 sq.

(2) Cunningham. *Contribution to the surface anatomy of the cerebral hemispheres* (1892), p. 21.

Les connexions du lobe frontal avec le corps strié, ont été, semble-t-il, confirmées une fois de plus par G. Marinesco au moyen des méthodes nouvelles de durcissement et de coloration des éléments du système nerveux central (1) :

Après avoir produit une destruction complète ou partielle du lobe frontal chez le singe et chez le chien, les animaux ont été gardés en vie pendant treize à vingt jours, puis sacrifiés. Le cerveau a été durci au bichromate et traité par la méthode de Marchi. « A l'examen histologique, nous avons trouvé, dans tous les cas, dans le corps strié, et particulièrement dans le noyau caudé, des faisceaux très minces contenant des fibres dégénérées. Ces faisceaux de fibres suivent le trajet de la capsule interne et se dégagent de son segment antérieur pour pénétrer dans le noyau caudé. Certains de ces faisceaux, qui se trouvent surtout à la surface du noyau caudé, semblent traverser directement ce noyau, tandis que d'autres, peu nombreux et très minces, pénètrent dans la profondeur du noyau caudé et s'y épanouissent. »

Il en résulte donc qu'il y a une voie cortico-striée et, par conséquent, le corps strié affecte des rapports avec le lobe frontal.

Déjà Meynert et Kölliker avaient admis que le corps strié reçoit des fibres qui descendent de l'écorce cérébrale et s'interrompent dans ses ganglions. Il est vrai, d'une part, que cette constatation anatomique a été faite à une époque où l'histologie du système nerveux manquait des méthodes que nous possédons actuellement et que, d'autre part, ces connexions ont été niées par certains auteurs. Comme au point de vue embryologique le corps strié appartient au cerveau antérieur, il eût été bien étonnant que ces connexions fissent défaut. « En raison de cette parenté embryologique entre le corps strié et le cerveau antérieur, nous pensons que les fibres qui les réunissent sont plutôt des fibres d'association. Du reste, un maître éminent en matière d'histologie du système nerveux, Ramon y Cajal, s'exprime ainsi à propos des connexions de l'écorce et du corps strié (2) :

« De toutes les régions du lobe frontal situées au-devant et sur les côtés du corps calleux, descendent des fibres nerveuses, qui pénètrent dans le corps strié, et s'y réunissent en de petits faisceaux. Ces fibres ne sont que les cylindraxes directs des pyramides (petites, moyennes et grandes) et des éléments polymorphes. — Dans l'épaisseur du corps strié, on en voit quelques-unes émettre de fines collatérales terminées par des arborisations variqueuses et très compliquées, placées entre les éléments propres de ce ganglion. »

L'existence de fibres d'association entre le lobe frontal et le corps strié laisse supposer que ces deux organes pourraient agir synergiquement dans certaines fonctions. Des expériences antérieures de Nothnagel et surtout de Munk (3), ont fait voir que l'écorce cérébrale, par l'intermédiaire du corps strié, joue un rôle assez important dans certains actes musculaires.

---

(1) C. R. Soc. biol., 2 février 1895.

(2) *La Cellule*, 1892.

(3) *Ueber die Functionen der corpora striata*. Abdruck aus den *Comptes rendus der achten Sitzung des internationalen medicinisches Kongresses*. Koppenhagen, 1884.

D'autre part, N. Schukowski a déterminé, avec la même méthode, les connexions anatomiques suivantes du lobe frontal :

Les expériences ont porté sur des chiens et des lapins ; un lobe frontal était détruit. Les animaux étaient laissés en vie de vingt-huit à trente jours. Méthode de Marchi. Résultats :

1. Les deux lobes frontaux sont immédiatement reliés entre eux par les fibres de la partie antérieure du *corps calleux* qui vont de l'écorce d'un lobe frontal à celle de l'autre.

2. Chez les lapins, cette connexion est encore réalisée par un faisceau qui va d'un lobe frontal à l'autre lobe frontal en passant par la *capsule externe* et la *commissure antérieure*. Ce faisceau représente, suivant Schukowski, le système commissural réunissant les lobes frontaux.

3. Il existe indubitablement une connexion entre le lobe frontal et la partie antérieure du *thalamus opticus* par l'intermédiaire de fibres qui, par le *genou antérieur* de la *capsule interne*, rayonnent dans le *stratum reticulatum thalami*.

4. Il n'y a point de doute qu'une connexion existe entre le lobe frontal et la région interne du *stratum intermedium* et de la *substantia nigra*, au moyen de fibres qui passent évidemment aussi par le *genou* de la *capsule interne*.

5. Une connexion aussi certaine existe entre le lobe frontal et la région interne du *pédoncule cérébral*, d'une part, et les *noyaux du pont*, d'autre part, par l'intermédiaire du *système fronto-protubérantiel*.

6. On ne saurait non plus douter que les fibres du *fasciculus subcallosus* n'aient leur origine dans le lobe frontal. Comme la dégénération de ces fibres diminue progressivement dans les parties de leur trajet qui s'éloignent toujours davantage de cette région, il est probable que leur faisceau est formé de fibres de longueur différente.

7. Une partie au moins des fibres qui passent dans le *cingulum* ont, cela doit être considéré comme démontré, leur origine dans le lobe frontal : le *cingulum* est également constitué de fibres de longueur différente.

8. Le *gyrus cinguli* et le *fornix* sont immédiatement reliés par les fibres du *cingulum* qui traversent le *corps calleux* et se rendent dans le *fornix longus* ; leur dégénération s'observe aussi dans le *septum pellucidum* et la *columna fornicis* (1).

« Le ganglion de la base des vertébrés, a dit Edinger, ganglion séparé chez les mammifères en *nucleus caudatus* et *lentiformis*, envoie un puissant faisceau de fibres, le faisceau basal du cerveau antérieur qui se termine dans les ganglions du diencéphale. Les noyaux du *thalamus* et de la *regio subthalamica* se trouvent reliés par ces fibres au télencéphale. Des fibres issues du ganglion de la base aucune ne descend plus bas que la *substantia nigra* ». Kölliker remarque qu'Edinger ne dit pourtant rien touchant la

---

(1) N. Schukowski. *Ueber anatomische Verbindungen der Frontallappen*. Wissensch. Versammi. d. Aerzte d. St.-Petersb. Klinik f. Nerv. u. Geisteskr. Sitz., v. 2 Jan. 1897. Neurol. Centralbl., 1897, 524.

fonction du *corps strié*; il n'a pas trouvé, dit-il, chez le savant anatomiste de Francfort la moindre indication à ce sujet (1). Il propose donc l'interprétation suivante de cette fonction :

Les fibres centrifuges qui ont leurs cellules d'origine dans le ganglion de la base ne sauraient être que *motrices,* qu'elles servent à l'exécution des mouvements volontaires ou involontaires. Chez l'homme et les autres mammifères, peut-être même chez tous les vertébrés supérieurs qui possèdent une écorce cérébrale relativement développée, les mouvements volontaires semblent ne partir que du manteau. Mais, chez les poissons auxquels une écorce cérébrale fait totalement défaut, il faut bien que la *production des mouvements volontaires soit liée aux éléments du ganglion de la base*; comment, c'est ce que des recherches ultérieures apprendront. Pour les mammifères et pour l'homme, il ne reste qu'à attribuer des actions centrifuges de nature *involontaire* aux fibres qui ont leurs cellules d'origine dans le ganglion de la base; ces réactions motrices involontaires pourraient, par les noyaux du *thalamus* et par les masses grises de la *regio hypothalamica* jusqu'à la *substantia nigra* et peut-être même jusqu'aux noyaux du pont, arriver à se manifester et à se traduire au dehors. Quant aux excitations qui détermineraient ces mouvements involontaires, on pourrait admettre qu'elles sont transmises par les fibres centripètes qui, selon les observations de Kölliker et de Ramon y Cajal, s'arborisent en assez grand nombre dans les dendrites des cellules propres des corps striés, fibres dont la provenance doit très vraisemblablement appartenir au ruban de Reil médian (2).

D'après Friedrich Rezek, dont l'opinion s'appuie à la fois sur l'observation clinique, anatomo-pathologique, et sur l'expérimentation (3), l'hypothèse de Nothnagel relative aux rapports du corps strié avec les mouvements de la marche et de la course serait « vraie », et, sans donner à ses idées sur ce sujet tout le développement qu'elles ont pris chez Nothnagel, Magendie aurait exactement observé les faits et entrevu la nature motrice de cet organe. Après avoir détruit, au moyen d'une injection d'acide chromique, pratiquée avec une seringue de Pravaz à travers le

---

(1) Kölliker. *Handb. d. Gewebelehre d. Menschen*, 1896, 622 sq.

(2) V. sur le *fasciculus nuclei caudati de* H. Sachs, qui relie le corps strié à l'écorce cérébrale, les *Vorträge über den Bau und die Thätigkeit des Grosshirns* (Breslau, 1893, 78, fig. 50). Ces fibres, identiques avec celles qu'avait déjà décrites Kölliker, sont des fibres d'association. D'après Sachs, les fibres du *fasciculus nuclei caudati* proviennent de toute l'écorce des lobes frontal et pariétal et de l'insula et s'arborisent dans les masses grises du noyau caudé.

(3) Friedr. Rezek. *Ein primäres polymorphes Sarkom des Gehirnes.* Jahrbücher f. Psych. u. Neurol., XVI, 1897, 40-75.

crâne, un point limité du *noyau caudé*, qu'il dénommait *nodus cursorius*, NOTHNAGEL avait conclu de ses expériences sur les lapins qu' « il y a, dans le noyau caudé, un point dont l'excitation met en mouvement, d'une manière inconnue, un mécanisme dont l'activité se manifeste par des mouvements de manège ou de progression en ligne droite (1) ». Il avait donc été amené à croire (c'est là son hypothèse) que « le *noyau caudé* est en rapport avec toutes les formes de mouvement qui, après avoir été excitées par un processus psychique, se continuent ensuite, pour ainsi dire automatiquement, sans nouvelle impulsion volontaire... En excitant le corps strié, on ne fait que provoquer des contractions musculaires *préformées*, destinées à certaines formes combinées de mouvements, qui seulement à l'origine et au commencement partaient de l'écorce cérébrale ». C'est de l'existence réelle de ce centre moteur du *noyau caudé* que REZEK s'est convaincu. En outre de ces relations du noyau caudé avec les mouvements de locomotion, il en aurait aperçu d'autres appartenant au domaine des nerfs crâniens, mais il ne peut encore publier le résultat de ses expériences à ce sujet (1897). Il croit donc que le noyau caudé est bien en rapport avec « quelques-uns » des mouvements qui, excités par un processus psychique, persistent et continuent ensuite sans nouvelle impulsion volontaire. Selon lui, ce n'est pas seulement au *noyau caudé*, mais aussi au *putamen* du *noyau lenticulaire* que l'hypothèse de NOTHNAGEL doit s'étendre. Des organes qui par leur développement embryologique et leur structure anatomique sont si étroitement unis ne sauraient posséder de fonctions physiologiques très différentes : « Sur le *noyau caudé* et le *putamen* sont disséminés toute une série de centres moteurs qui, à leur manière, gouvernent une série de mouvements aussi grande que le font, à la leur, les centres de l'écorce du cerveau ; et tout de même que de l'écorce partent des impulsions psycho-motrices, le *noyau caudé* et le *putamen* envoient, d'une façon inconsciente, des impulsions motrices, par des voies inconnues, à des faisceaux de fibres nerveuses inférieurement situés. »

C'est ainsi qu'il se représente que ce qu'HERING a nommé *la mémoire de la matière organisée* (2) a, quant à la *reproduction* d'une grande partie des mouvements volontaires, son substratum dans ces centres moteurs inférieurs du noyau caudé et du segment externe du noyau lenticulaire. Les mouvements de l'enfant ont lieu d'abord sous la « surveillance » constante

---

(1) NOTHNAGEL. *Experimentelle Untersuchungen üb. die Functionem des Gehirns*. Virchow's Arch., Bd. LVII, 1873 ; Bd. LVIII, 1873 ; LX, 1874.

(2) HERING. *Ueber das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organisirten Materie*. Almanach der Wiener Akademie, 1870.

en quelque sorte de l'écorce cérébrale ; mais, en même temps, l'écorce ne laisse pas d'exciter des centres inférieurement situés, tels, par exemple, que ceux de la progression dans le noyau caudé, sans parler de tous les autres centres moteurs, qui « apprennent » ainsi à exécuter, d'une manière indépendante, non seulement les mouvements de la course et de la marche, mais bien d'autres mouvements qui ont dû être également appris à l'origine par les éléments de l'écorce du cerveau antérieur. Tant que la volonté n'intervient pas pour modifier ou changer ces mouvements, que MALEBRANCHE appelait des « habitudes corporelles », ils suivent les chemins battus. Cette propriété acquise (au moins chez l'homme) des centres moteurs inférieurs et des voies nerveuses qui en partent pour provoquer les contractions musculaires dont la « reproduction » est devenue facile par la répétition des mêmes mouvements volontaires, voilà ce qu'exprime surtout, suivant REZEK, le mot de « souvenir de la matière organisée ». C'est la faculté de reproduction inconsciente des mouvements volontaires. Il estime avoir au moins indiqué les principaux organes de cette faculté. Et s'il ne croit pas avoir ainsi épuisé le rôle physiologique du *noyau caudé* et du *putamen,* il lui semble, pour autant qu'il lui est permis de formuler un jugement touchant les fonctions de ces ganglions en rapport avec le mouvement, que tout indique que le *noyau caudé* et le *putamen,* qui ne sont pour l'embryologie et l'anatomie que des parties modifiées de l'écorce cérébrale, sont aussi, au point de vue physiologique, un organe analogue, sinon identique, à cette même écorce du cerveau.

Centres corticaux de la tête et des yeux. — Les centres moteurs de la *tête* et des *yeux,* dont FERRIER a montré l'importance pour les fonctions psychiques supérieures de l'attention volontaire, de la concentration de l'esprit sur un foyer unique, de la vision intérieure, bref, du développement de l'intelligence en général, sont localisés par ce savant dans les *lobes frontaux.* On peut ici constater une fois de plus la justesse d'esprit de ce physiologiste au cours des expériences d'excitation et d'ablation qu'il a instituées sur l'écorce du lobe frontal du singe. C'est une idée exacte, selon nous, malgré les objections qu'on a élevées contre elle, que celle qui tend à considérer comme des processus nerveux équivalents les réactions provoquées, soit directement, par l'excitation d'un centre, soit indirectement, d'une manière réflexe, par celle d'autres centres, de sphères sensorielles, par exemple, en rapport avec ce même centre. Que celui-ci, dans le cas présent, doive être appelé sensitif, comme nous le croyons absolument, avec MEYNERT, MUNK et FLECHSIG, et non moteur, ainsi que persiste à le faire FERRIER, ce n'est pas le lieu d'y insister de nouveau. Mais s'il s'agit, comme ici, de phéno-

mènes purement psychologiques, tels que l'attention, l'étonnement, etc., FERRIER, sans tomber dans l'erreur commune à certains physiologistes qui croient à l'existence des « facultés de l'âme » et leur cherchent un siège dans l'écorce cérébrale, démontre expérimentalement comment les mouvements de la *tête* et des *yeux* qu'avec toute raison on interprète, chez l'animal ou dans l'homme, comme des signes de l'attention ou de la surprise, etc., seront indifféremment provoqués par l'excitation de la région postfrontale ou par celle des régions occipito-temporales. « Les actions réflexes de l'oreille et de l'œil, a écrit IVAN SETCHÉNOFF, s'étendent à presque tous les muscles du corps. »

Les effets de la stimulation du *lobe frontal* varient avec la position des électrodes (1). L'excitation de l'aire (12) de FERRIER, aux pieds des première et deuxième circonvolutions frontales (F_1 et F_2), s'étendant sur la *moitié* ou les *deux tiers postérieurs* de ces deux circonvolutions (région *postfrontale*), est suivie de mouvements latéraux de la *tête* et des *yeux* du côté opposé, avec dilatation des pupilles : « L'expression de l'animal est celle de l'attention et de l'étonnement. » Mais il ne s'agit sans doute ici que de l'expression d'une émotion, non de l'émotion elle-même, ce qui est parfaitement possible, selon nous, comme le démontre l'observation clinique de certains tics, dont les mouvements ne sont pas accompagnés des émotions ou sentiments correspondants. On peut donc admettre que l'excitation de l'aire postfrontale considérée ne provoque que les mouvements d'expression d'une émotion ou disposition psychique, au moins durant un temps déterminé, dans ces expériences d'excitation du cortex, car tout mouvement d'expression finit par réveiller les sentiments, les émotions et les images mentales qui lui ont été d'ordinaire associés. Les mêmes mouvements d'expression pourront être indirectement produits par l'excitation des centres sensoriels de la vision (gyrus angulaire, suivant FERRIER) ou de l'audition (T_1), au moyen de bruits ou de phénomènes lumineux appropriés. J'ajoute qu'il faudrait attribuer aux centres sensitifs de l'écorce, à ceux de la peau ou des viscères, par exemple, ce que FERRIER ne dit que des centres sensoriels de la vision, de l'audition, de l'olfaction. FERRIER explique d'ailleurs fort bien que, dans ces cas, des « sensations subjectives » exciteront l' « attention », c'est-à-dire produiront les mêmes mouvements de la *tête* et des *yeux* que ceux qui succèdent à la stimulation directe des centres postfrontaux. Ainsi après l'excitation de T_1, en même

---

(1) DAVID FERRIER. *The Functions of the Brain*, Sec. Ed., Lond., 1886 ; The Frontal Motor Centres, p. 242, 393 sq. ; 465 sq. *Leçons sur les localisations cérébrales (Croonian Lectures)*. Paris, 1891, 131 sq.

temps que le pavillon de l'oreille du côté opposé se redresse, une déviation conjuguée des yeux a lieu du même côté.

Quant aux régions *préfrontales,* qui s'étendent en avant des régions postfrontales jusqu'au pôle antérieur des hémisphères, l'excitation en est demeurée jusqu'ici négative, au témoignage de Ferrier, ou du moins assez irrégulière pour en rendre très douteux les résultats. Ainsi, l'application des électrodes vers l'extrémité antérieure du lobe frontal peut exciter les bulbes olfactifs ; ce serait une erreur d'attribuer au lobe frontal lui-même les réactions réflexes qui en résulteraient. Dans un cas, toutefois, Ferrier a noté un mouvement des *yeux* du côté opposé en irritant exclusivement les régions *préfrontales* ; dans deux cas, plus récemment, il a observé le même phénomène. Faut-il n'y voir qu'une pure coïncidence ou la réaction d'une action à distance sur les régions postfrontales? Ferrier est, dit-il, disposé à considérer ces mouvements des globes oculaires comme étant en « relation causale directe avec l'excitation des régions préfrontales ». Mais il n'a jamais observé, comme Hitzig, Goltz et Luciani, de troubles sensoriels de la vision provoqués par des lésions des régions antérieures du lobe frontal. Les effets des lésions destructives des régions *préfrontales* ne sont guère connues. Seuls, les centres de la région *postfrontale,* en rapport avec les mouvements de la *tête* et des *yeux,* représentent donc, pour Ferrier, avec ce que l'on sait des centres de FA et de F_3, la conquête jusqu'ici assurée sur ce grand territoire du cerveau, le lobe frontal. Chez l'homme, dans l'épilepsie corticale due à des lésions du *lobe frontal,* l'attaque débute souvent par la déviation conjuguée de la *tête* et des *yeux* du côté opposé : c'est le *signal symptom* (Horsley) de l'épilepsie du lobe frontal. Les convulsions généralisées de même cause affectent souvent aussi la forme de mouvements *intentionnels.* Chez l'homme encore, on a souvent observé, quelque temps après une attaque d'hémiplégie, que la *tête* et les *yeux* étaient tournés du côté paralysé, par conséquent du côté opposé à la lésion cérébrale. Il en est de même chez le singe : au moment de la destruction unilatérale d'une sphère (12) sur un hémisphère, il se produit une déviation conjuguée de la *tête* et des *yeux.* La destruction bilatérale de cette aire abolit les mouvements isolés de la tête et des yeux. Les animaux ne peuvent *regarder* autour d'eux lorsqu'ils entendent du bruit ou, s'ils le font, tournent le tronc et la tête tout d'une pièce. D'une façon générale, la destruction des lobes frontaux, c'est-à-dire postfrontaux, en avant du *sulcus praecentralis,* — et « les régions préfrontales ont, dit Ferrier, les mêmes relations fonctionnelles que les postfrontales », — altère ou paralyse, selon le degré, les mouvements latéraux de la *tête* et des *yeux,* ainsi que ceux des *paupières* et des *pupilles.* Quoique quelques mouvements puissent encore être excités

d'une manière réflexe par les impressions rétiniennes, il y a perte, dit Ferrier, de la faculté de *regarder* ou de diriger le regard sur les objets qui ne tombent pas dans le champ de la vision.

Ferrier détruisit, avec le cautère galvanique, toute la région *préfrontale* des deux côtés, en avant de l'aire à fonctions désormais reconnues par lui, l'aire *postfrontale*, de sorte que, à l'exception d'une petite portion de chaque lobe frontal siégeant au-dessus des bulbes olfactifs, il ne restait rien de F_1, F_2 et F_3 comprises dans cette région du lobe frontal. En dépit d'une destruction bilatérale aussi étendue, il ne put constater aucun symptôme en rapport soit avec la motilité, soit avec la sensibilité. Dès ses premières expériences sur la moitié antérieure des lobes frontaux, il avait déjà pu observer que ni les sensibilités générale et spéciales, ni les mouvements, même ceux du tronc, comme Horsley et Schäfer l'ont confirmé depuis, n'étaient altérés. De nouvelles expériences ont permis à Ferrier de se persuader que l'ablation des régions préfrontales produit des effets semblables à ceux de la même opération des régions postfrontales : il est par conséquent « raisonnablement permis de soutenir que les premières forment avec les dernières une partie du même centre. » Afin donc de savoir si l'ablation complète de toutes les régions des deux lobes frontaux (postfrontales et préfrontales) détermine une paralysie de la *tête* et des *yeux*, Ferrier sépara les deux lobes par une section passant immédiatement en avant du *sulcus praecentralis*, par conséquent à travers les pieds des circonvolutions frontales, opération difficile qui implique l'ablation de la tête de chaque noyau caudé du corps strié; ce ganglion fut sectionné ici un peu plus à gauche qu'à droite. Malgré la gravité extrême de la lésion, le seul singe sur lequel Ferrier ait, je crois, réussi cette expérience, reprit rapidement conscience et innerva les mouvements volontaires des muscles de sa face et de ses membres, quoique ces mouvements eussent moins d'énergie à droite. Il était d'ailleurs incapable de se tenir debout, et, bien qu'il pût faire quelques faibles mouvements d'extension du tronc et de la tête, il lui était impossible de mouvoir latéralement ses *yeux* et sa *tête* : ce fut la seule lésion fonctionnelle de déficit constatée, car la vue, l'ouïe, la sensibilité tactile étaient intactes, et la motilité n'était pas autrement altérée que nous venons de le décrire. Les yeux étaient tenus fermés ; mais l'animal les ouvrait sous l'influence d'une excitation de la peau ou de quelque sens. Il mourut subitement vingt-quatre heures après l'opération. Quoique la lésion des corps striés complique un peu les choses, et que la période d'observation ait été courte, Ferrier voit dans ces faits la confirmation de son hypothèse, établie par ailleurs, de l'existence, dans ce territoire de l'écorce, de fonctions en rapport avec les mouvements latéraux de la *tête* et des *yeux*. Quant à la destruction complète et permanente de ces mouvements, elle a pour condition anatomique la destruction complète de toutes ces parties des lobes frontaux.

Quelques expériences avaient décelé à Ferrier certains faits touchant les connexions du *lobe frontal*. Dans l'une, où les régions *préfrontales* avaient été presque complètement extirpées, l'animal survécut en bonne santé, près de trois mois, à l'opération : l'examen microscopique révéla l'existence d'une « sclérose descendante dans les faisceaux les plus internes de la capsule interne et du pied du pédoncule cérébral des deux côtés. Les tractus dégénérés ne purent être suivis au delà de la partie supérieure du pont ; » trace de dégénération dans les pyramides antérieures de la moelle allongée. Dans l'autre expérience, la région *postfrontale* fut d'abord détruite complètement, la *préfrontale* sept semaines après plus ou moins complètement. Même lésion que ci-dessus, après deux mois et demi de la première opération. Les lésions des faisceaux dégénérés étaient de date différente : les faisceaux dégénérés les plus internes, correspondant exactement par leur position à ceux

de l'opération précédente, et dont la lésion était de date plus récente, se trouvaient moins sclérosés. Ces faits établissaient, entre autres, l'existence de rapports anatomiques des lobes frontaux, en avant du *sulcus praecentralis*, avec les tractus *moteurs* du pédoncule cérébral. Or, comme la dégénération descendante n'existait pas dans les pyramides antérieures du bulbe, FERRIER en infère que ces faisceaux des lobes frontaux ne descendent pas au-dessous de la moelle allongée, ce qui vient à l'appui de son hypothèse, fondée sur la symptomatologie décrite ici, que les centres de cette région du lobe frontal sont en rapport avec les mouvements de la *tête* et des *yeux*, les noyaux et les nerfs moteurs de ces parties ne se trouvant pas situés au-dessous de la moelle allongée. Quoique dans la première de ces expériences la destruction des régions préfrontales n'ait point causé de lésion de déficit physiologique appréciable, il n'en aurait pas moins existé une dégénération secondaire dans la capsule interne et le pédoncule cérébral. Si les fonctions de ces centres nerveux de l'écorce du lobe frontal et de leurs faisceaux n'ont point en fait décelé d'altération, c'est donc que l'ablation de ces centres moteurs n'aurait pas été complète. D'autre part, que les régions postfrontales et préfrontales forment des parties d'un même centre, c'est ce que montreraient les lésions dégénératives constatées dans la deuxième expérience. Enfin, les faisceaux moteurs qui dégénèrent après la destruction de ces régions du lobe frontal ne descendraient pas dans la corde spinale : ils se termineraient dans les centres du mésencéphale ou du bulbe.

Il est certain que si des lésions transversales de la moelle épinière déterminent des altérations régressives des éléments nerveux de l'écorce cérébrale, chez les animaux (chiens), ces altérations secondaires, distribuées diversement sur la plus grande partie du manteau, et particulièrement localisées dans les gyrus sigmoïdes et dans les lobes occipitaux, beaucoup moins dans les lobes pariétaux et temporaux, font complètement défaut dans les *lobes frontaux antérieurs* (1). En outre, dans ses recherches sur les dégénérations descendantes intrahémisphériques secondaires à l'extirpation des *lobes frontaux*, L. BIANCHI n'a trouvé, dans la capsule interne, que très peu de fibres dégénérées dans le segment antérieur, et un certain dombre seulement dans le segment postérieur ; or, ces fibres dégénérées du segment antérieur provenaient du pied de la couronne rayonnante, et de la partie inférieure du centre ovale. Il n'a pas vu encore si le ruban de REIL et le pied du pédoncule cérébral contiennent ou non des fibres dégénérées : ce n'est qu'après cette constatation qu'on connaîtra une fois de plus qu'il existe des rapports réels entre le lobe frontal et le pont de VAROLE par l'intermédiaire du faisceau fronto-protubérantiel.

Corrélativement avec l'immobilité de la *tête* et des *yeux*, consécutive à la destruction totale des lobes frontaux, l'aspect que présente l'animal est celui de l'indifférence et de la stupidité, l'absence de cette curiosité si active que manifestent les singes à l'état normal, et un état de « dégradation mentale » qui semble dépendre de la perte de la faculté de l'*attention* et de tout ce qu'implique cette lésion de déficit pour les opérations de l'intelligence. Et FERRIER, dont le livre, *Localisation of cerebral Disease* (1878), a paru en même temps que les Mémoires de CHARCOT et PITRES sur les *Localisations dans l'écorce des hémisphères cérébraux* (1877-1878), rappelle, au sujet de ces expériences, que les symptômes des lésions et des maladies des lobes frontaux observés chez l'homme n'y contredisent pas, quoiqu'insuffisants pour permettre de tenter encore une physiologie du lobe frontal fondée sur ces symptômes et ces lésions. On a pourtant cité quelques cas,

---

(1) C. CENI. *Sulle fine alterazioni della corteccia cerebrale consecutive alle lesioni del midollo spinale*, Riv. speriment. di freniatria, etc., XXII, 1896, 112-139.

ajoute-t-il, où il existait une décadence intellectuelle bien marquée « et une instabilité de caractère » telles qu'on l'a noté dans les singes et dans les chiens. « Dans cinquante-sept cas de lésions de la région *frontale*, dit FERRIER, il existait deux fois une déviation conjuguée de la tête et des yeux ; dans douze cas l'intelligence était particulièrement atteinte, mais dans aucun il n'y avait de paralysie motrice des membres. » Nous reviendrons sur ce point à propos des expériences de L. BIANCHI et de l'observation clinique de L. WELT. Nous avons parlé des observations de GOLTZ et de HITZIG. Mais, dès 1875, dans ses premières expériences, pratiquées encore sans le secours de l'antisepsie, FERRIER avait été frappé de cette altération très nette, quoique difficile à décrire, du *caractère* et de la manière d'être des animaux qui suit l'ablation des régions *préfrontales*. Si l'animal n'est pas devenu, du fait de cette opération, absolument dément, il a perdu, semble-t-il, la faculté d' « observation attentive et intelligente ». HORSLEY et SCHÄFER ont rapporté des faits semblables apparus chez des singes consécutivement à l'ablation des régions *préfrontales*. On a donc de bonnes raisons de croire, suivant FERRIER, que les centres moteurs corticaux de la *tête* et des *yeux* constituent, « avec les centres de la sensibilité qui leur sont associés, les substrata de ces processus psychiques qui sont à la base des opérations intellectuelles supérieures » (p. 467). Mais FERRIER se hâte aussitôt d'ajouter : il serait « absurde » de parler d'un siège spécial de l'intelligence ou de l'intellect dans le cerveau. « L'intelligence et la volonté n'ont point d'habitation locale (local habitation) *distincte* des substrata sensibles et moteurs du cortex : là sont les centres des formes spéciales de sensation et d'idéation, les centres d'activités motrices spéciales et d'acquisitions, en réponse et en association avec l'activité des centres de sensibilité; et ces centres, dans leurs cohésions respectives, dans leurs actions et « interactions » réciproques, forment les substrata des *opérations mentales* sous tous leurs aspects et dans tout leur enchaînement ».

L'étude des centres d'innervation corticale des mouvements de la *tête* et des *yeux*, non moins que celle du *tronc*, doit beaucoup à EDOUARD ALBERT SCHÄFER, sans parler de ses belles études sur les centres de la vision dans le lobe occipital et de la constatation expérimentale du fait que, même avec une lésion du pli courbe, et par l'effet d'une lésion à distance retentissant sur le lobe occipital, on obtient bien une hémianopsie bilatérale homonyme transitoire, non une amblyopie croisée (FERRIER, CHARCOT) ; qu'une extirpation unilatérale du lobe occipital détermine une hémianopsie bilatérale homonyme persistante ; enfin, qu'à l'ablation des deux lobes occipitaux succède une cécité complète durable (1). En soumettant à un nouvel examen les régions excitables du cerveau du singe déterminées par FERRIER, SCHÄFER, qui eut souvent pour collaborateur dans ces études VICTOR HORSLEY, délimita, avec plus d'exactitude et de précision, les différents points du cortex correspondant aux *extrémités*, à la *tête* et à la *face*, disso-

---

(1) E. A. SCHÄFER. *Experiments on special Sense Localisations in the cortex cerebri of the Monkey*. Brain. 1888, XXXIX-XL. — SANGER BROWN et E. A. SCHÄFER. *An Investigation into the Functions of the occipital and temporal Lobes of the monkey's Brain*. Philos. Trans. of the R. Soc. of London, 1888, vol. 179, p. 303-27.

ciant par l'analyse physiologique plusieurs des sphères de la topographie cérébrale de FERRIER. Il fit plus : il découvrit, sur la face interne du cerveau, sur la circonvolution marginale (*gyrus marginalis, marginal convolution*), un territoire d'innervation des muscles de la *jambe*, du *tronc*, du *bras* et de la *tête* qui, pour avoir été entrevu par FERRIER et par MUNK, n'avait pas encore été suffisamment exploré. Ces territoires de la *tête* et du *tronc* ont un intérêt particulier pour l'étude des fonctions du *lobe frontal*. Les recherches de SCHÄFER n'ont donc pas seulement confirmé les résultats de DAVID FERRIER, ainsi que ceux de HITZIG et de MUNK (pour les territoires d'innervation des extrémités de la face) : elles les ont complétés. Sans rien préjuger de la localisation des mouvements du tronc de MUNK, celle de SCHÄFER a été un fait « nouveau » (HITZIG).

SCHÄFER a trouvé que les mouvements de rotation et de courbure de la colonne vertébrale peuvent être provoqués par l'excitation d'un territoire peu étendu de la circonvolution marginale, territoire situé en avant de celui du membre inférieur et s'étendant, sur la convexité de l'hémisphère, sur le bord de la première circonvolution frontale (F_1), atteignant en avant l'angle du *sulcus praecentralis*. Aux territoires du *tronc* de la face interne (5A et 6A) correspondent donc, sur la face externe, des territoires (5B et 6B) de fonction à peu près homologue, au moins pour une part, en particulier pour celle qui est en rapport avec l'innervation de la musculature de la colonne vertébrale. De même quant au centre cortical de la *tête* de la circonvolution marginale : les points 7A et 8A de la face interne du cerveau se continuent en partie avec les centres 7B et 8B de la convexité. L'excitation du centre le plus antérieur (8A) de la circonvolution marginale reste souvent *sourde*, suivant les expérimentateurs, et serait rarement suivie d'effet ; quand les mouvements se produisent, ils sont semblables à ceux de 7A, c'est-à-dire qu'ils déterminent un mouvement de rotation de la *tête* du côté opposé, quelquefois avec déviation conjuguée des *yeux*, relèvement des *paupières* et dilatation des *pupilles*. Les mouvements provoqués du *tronc*, comme ceux des extrémités, ressemblent à des mouvements volontaires, et, au point de vue objectif, on peut sans doute identifier le stimulus électrique à l'excitation psychique. Il s'agit, en effet, non de contractions brusques, mais de séries d'ajustements musculaires successifs dont les contractions se coordonnent et se compensent. Un muscle très rarement se contracte isolément ; l'innervation d'un muscle est d'ailleurs très souvent accompagnée de celle de son antagoniste.

Déjà LEYDEN et JASTROWITZ ont signalé et établi ce caractère des mouvements provoqués par l'excitation directe des aires corticales motrices : « Les fonctions motrices des territoires de l'écorce du cerveau affectent la forme des *mouvements volontaires*. Quelques muscles ont une représentation si différenciée, qu'ils exécutent des mouvements volontaires partiels et isolés (1). » De même, touchant la nature des réactions motrices

(1) E. LEYDEN et M. JASTROWITZ. *Beiträge zur Lehre von der Localisation im Gehirn*. Berlin, 1888, 26.

déterminées par l'excitation électrique du cortex, Ferrier a souvent constaté un « caractère évident d'intentionnalité, de volonté » dans ces mouvements. Ce ne sont point de pures contractions musculaires, mais des mouvements synergiquement associés et combinés en *actions*.

Ainsi, en excitant le lobule pariétal supérieur (P_1), chez le singe, Ferrier a vu le membre postérieur opposé « s'avancer comme pour marcher ». L'excitation de la partie supérieure de PA et de la partie adjacente de FA fut suivie de mouvements complexes de la cuisse, de la jambe et du pied, associés à des mouvements adaptés du *tronc*, grâce auxquels « le pied était amené sur la ligne médiane du corps comme lorsque l'animal *saisit quelque objet avec son pied* ou *se gratte* la poitrine ou le ventre ». Et Ferrier ajoute : « L'on peut observer divers degrés de cette *action* complexe selon la durée et l'intensité de l'excitation, mais l'entier développement de l'activité de ce centre est tel que je l'ai décrit. »

Fig. 11 — Régions motrices de l'écorce cérébrale du singe (Beevor et Horsley).

L'excitation de FA à l'origine de F_1 détermine l'extension en avant du bras et de la main en avant comme pour *toucher* ou *atteindre* quelque chose en avant; celle de points (*a, b, c, d*) du tiers moyen de la PA, des mouvements individualisés et combinés des doigts et du poignet se terminant par la *fermeture du poing*, les mouvements de *préhension* de la main opposée étant aussi centralisés là. Excitation de FA au genou du *sulcus praecentralis* : flexion et supination de l'avant-bras ; la main s'élève vers la bouche. Au bas de FA : élévation de l'aile du nez et de la lèvre supérieure, avec abaissement de la lèvre inférieure, de manière à *découvrir les dents* canines du côté opposé. A l'extrémité inférieure de FA : *ouverture de la bouche* avec *protrusion* et *rétraction de la langue*. L'ouverture et la fermeture alternées de la bouche avec ces mouvements de la langue continuent souvent quelque temps après l'enlèvement des électrodes; les mouvements sont bilatéraux. C'est immédiatement en avant de ce dernier centre que Beevor et Horsley ont localisé le centre des mouvements de la *mastication* (trijumeau moteur) et, au-devant de celui-ci, le centre de la *déglutition,* fonction réflexe, mais dont le premier acte est volontaire. « Le

caractère intentionnel et nettement défini de ces mouvements, dit Ferrier, l'analogie qu'ils offrent avec les activités volontaires ordinaires et les particularités individuelles des animaux, leur uniformité surtout et leur constance, si bien qu'on les peut toujours prévoir, s'accordent à mon avis avec cette hypothèse qu'*ils sont les signes de l'excitation expérimentale de l'activité fonctionnelle des centres directement intéressés dans les mouvements volontaires*... (1) ». Ferrier remarque en outre qu'il semble que ce sont surtout les lésions destructives (ablation, cautérisation, etc.) des aires motrices de la convexité des hémisphères qui affectent gravement le caractère complexe de ces mouvements, en particulier ceux du bras, des doigts, de la face et de la tête. Selon Horsley, la paralysie n'est complète que si la circonvolution marginale est en même temps détruite.

Exner, qui témoigne ne pas connaître de mouvements combinés de ce genre chez le singe et chez l'homme, reconnaît d'ailleurs que, en général, les mécanismes préformés de ces mouvements dans la moelle épinière semblent d'autant moins parfaits que l'intelligence de l'animal est plus élevée dans la série. L'extrémité inférieure d'une grenouille décapitée qui, sous l'influence d'une excitation, s'écarte du stimulus, se rapproche du corps et y demeure quelque temps appliquée, accomplit plus qu'une simple contraction réflexe : cet acte présente à la fois le caractère d'un mouvement combiné et d'une succession régulière de mouvements associés ; un grand nombre de muscles y participent dans un degré de tension différent et l'innervation des extenseurs et des fléchisseurs des orteils, du pied, de la jambe, du genou, de la hanche, de la cuisse appliquée contre l'abdomen, se produit dans un ordre et avec une durée déterminés. Cet acte a encore le caractère des mouvements volontaires, car ceux-ci sont pour la plus grande part aussi des mouvements combinés. Deux grenouilles, l'une normale, l'autre décapitée, placées dans ces mêmes conditions, soumises aux effets du même stimulus, réaliseront la même suite de mouvements : cette combinaison de mouvements est évidemment préformée dans la moelle. Chez la grenouille normale, le mouvement n'est provoqué « volontairement » que parce qu'une incitation partie du cerveau va mettre en branle dans la moelle ce mécanisme organisé de coordinations motrices (2). Il y a plus ; la nature du stimulus, et partant celle de la sensation, modifie le mouvement de réponse.

« Si l'on dépose une goutte d'acide sur la peau du dos d'une grenouille décapitée, elle ne répond pas par le réflexe typique, par la fuite, c'est-à-dire par un saut : de son extrémité postérieure dirigée sur le dos elle fait régulièrement des mouvements d'essuiement pour

---

(1) David Ferrier. *The Functions of the brain*, 2e Ed., 1886, 241 sq. ; 347 sq.

(2) S. Exner. *Entwurf zu einer physiol. Erklärung der psychischen Erscheinungen*. I Th., Leipz. u. Wien., 1894, 84 sq.

éloigner le corps étranger; le mouvement réflexe est donc ici modifié par la nature de l'excitation ». On sait quelle série de mouvements combinés de plus en plus complexes, et présentant le caractère de finalité consciente, se succèdent d'ordinaire dans cette expérience. Nous devons retenir surtout l'interprétation physiologique que donne Exner du phénomène. Si, à l'époque de l'accouplement, on touche doucement la peau du thorax d'un segment de grenouille mâle, séparé du corps et consistant dans les deux extrémités antérieures, la ceinture scapulaire et la partie intermédiaire de la moelle épinière contenant les trois vertèbres supérieures, avec les muscles et la peau, les deux bras s'accolent fermement au doigt et le tiennent embrassé. Or, à une autre époque de l'année, l'expérience ne réussit pas. « Le contact du doigt, dit Exner, produit évidemment ici le même effet que le contact de la femelle, et l'expérience montre que dans ce segment de moelle épinière, et seulement à une époque de l'année, se trouve réalisée une disposition qui permet cette combinaison de mouvements réflexes définis. » La fatalité de ces mécanismes réflexes coordonnés en actions de plus en plus spécialisées apparaît bien dans l'expérience suivante, instituée par Osara et Tiegel sur des serpents du Japon. Mais Exner, qui la rapporte, croit qu'il en serait d'ailleurs exactement de même sur des serpents d'Europe. Le serpent décapité peut s'enrouler autour du bras de l'expérimentateur ou enlacer un lapin avec la même adresse que dans les conditions normales, c'est-à-dire que les jambes de ce mammifère sont entourées par les anneaux du serpent avec une rapidité telle qu'il n'a pas le temps de fuir. Si le corps mis en contact est un charbon ardent, le serpent décapité s'enroule autour comme il fait de tout autre corps; sa peau brûle. « On voit, remarque Exner, que ce cas n'avait pas été *prévu* dans la moelle épinière; c'est au jugement du cerveau que sont réservées ces complications; si celui-ci avait pu encore intervenir, le serpent aurait pu se préserver de ces terribles brûlures. » Enfin, même chez les Invertébrés, on a observé des phénomènes analogues. Au cas où l'écrevisse en captivité refuse de prendre de la nourriture, a écrit Word, dès qu'on a sectionné son ganglion susœsophagien elle mange aussitôt, indistinctement; ses mouvements sont alors soustraits à la volonté. Donc, ici aussi les mouvements coordonnés qui se combinent dans l'action de manger sont préformés dans le système nerveux, et ils peuvent être incités ou inhibés par la volonté. La « volonté » se comporte, en effet, chez les Invertébrés ainsi que chez les Vertébrés, comme une excitation qu'il est toujours loisible et, selon nous, exacte, de comparer au stimulus électrique ou à tout autre excitant de la substance grise du cerveau ou de la moelle : si une excitation peut déterminer un mouvement réflexe, simple ou compliqué, d'autres excitations peuvent inhiber ou faciliter la marche du réflexe. Exner a fait sur un grand mammifère, à l'Institut zootomique de Vienne, une observation qu'il rapproche lui-même de celle de Word sur l'écrevisse. Un dromadaire allait mourir : il ne pouvait plus exécuter aucun mouvement ; en tombant, sa face porta sur un poêle, et sa peau brûla sans qu'il pût soulever et écarter la tête. Exner lui mit alors entre les lèvres un morceau de pain ; l'animal le prit et le porta dans sa cavité buccale ; il en fut ainsi régulièrement chaque fois qu'une nouvelle bouchée de pain fut mise au contact des lèvres du dromadaire. Cependant celui-ci ne pouvait ni mâcher, ni déglutir : « on ne pouvait donc supposer qu'il prît avec conscience la nourriture. » Et en effet, après la mort, tous les morceaux de pain furent retrouvés accumulés entre les dents et les joues.

Ces phénomènes, ainsi que beaucoup d'autres, montrent que, chez les animaux inférieurs, mais aussi chez quelques mammifères d'un ordre relativement élevé, existent, dans la substance grise de la moelle épinière,

à l'état de préformation, les conditions anatomiques et physiologiques de mouvements combinés, d'actions véritables : ces mouvements associés, coordonnés en vue de fins déterminées, ces mécanismes créés de toutes pièces par l'adaptation et la sélection des organismes, au cours de l'évolution, et qui m'apparaissent comme l'expression et le résultat d'une téléologie mécanique, inconsciente et nécessaire comme l'ordre même du monde, ont émigré, chez les animaux supérieurs et chez l'homme, de la moelle et du mésocéphale dans l'écorce du cerveau antérieur.

« L'ordre et la succession dans lesquels se déroulent ces mouvements, dit Schäfer en parlant des mouvements provoqués par l'excitation directe des aires corticales motrices du cerveau, sont d'ordinaire les mêmes que dans les mouvements naturels qu'exécutent les animaux ».

Si les excitations se succèdent, par exemple, 50 fois par seconde, les mouvements enregistrés par le myographe sont tout à fait semblables aux mouvements volontaires de l'animal. Sur le *gyrus marginalis* se trouvent donc localisés, avec les centres des *extrémités inférieure* et *supérieure*, des *chevilles* et des *orteils*, de la *hanche*, celui du *tronc* et celui de la *tête*, ce dernier comprenant en outre, sur la convexité, des points d'excitation motrice des *yeux*, des *paupières* et des *pupilles*, si bien que, selon Schäfer, ce territoire tout entier devrait recevoir le nom d' « aire » ou « centre du regard » (*Blickgebiet*) (1).

Voici l'ordre dans lequel se succèdent les centres de la *circonvolution marginale*, d'avant en arrière, tel qu'il résulte des expériences d'excitation de Horsley et Schäfer : centres des mouvements de la *tête* et des *yeux* du côté opposé, de l'*épaule* et du *bras*, du *tronc* (musculature de la colonne vertébrale, centres de rotation et de mouvement latéral du tronc du côté opposé), de la *queue* et du *bassin*, mouvement d'extension de la *hanche* (centre du fessier avec *extension* de la hanche, tandis que sur la convexité de l'hémisphère l'excitation du centre de la hanche détermine sa *flexion*), centre du *genou* avec flexion du *genou*, combinée souvent avec la contraction du *mollet* et la rotation en dehors du *pied*, enfin, tout à fait en arrière de la circonvolution marginale, centre du mouvement du *pied* (flexion dorsale) et des *orteils* (extension). Le territoire moteur de la circonvolution marginale correspond en avant à l'extrémité antérieure du corps calleux (cette circonvolution est « inexcitable » dans la région préfrontale) ; en arrière elle a pour limite la scissure calloso-marginale.

---

(1) E. A. Schäfer. *Ueber die motorischen Rindencentren des Affen-Gehirns*. Beiträge zur Physiologie. Carl Ludwig... gewidmet... Leipzig, 1887, 269-286.

L'aire motrice du *tronc* n'est pas représentée sur la convexité du cerveau dans le schéma de HORSLEY.

HITZIG avait, on le sait, déterminé le siège cortical du centre de la *tête*, sur le *lobe préfrontal*, en avant du *sulcus praecentralis*. Les résultats des expériences d'excitation et d'ablation des *lobes préfrontaux*, instituées sur les singes par V. HORSLEY et SCHÄFER, en 1888, demeurèrent encore négatifs quant à la motilité aussi bien que quant à l'intelligence. Une ablation *bilatérale*, jusqu'à l'extrémité postérieure du sillon calloso-marginal, de la *circonvolution marginale*, détermina, outre une paralysie étendue des jambes dans tous leurs segments et une parésie du bras et des doigts, une paralysie complète des muscles du *tronc* : les singes gisaient sur le ventre, ne pouvant plus progresser qu'en s'aidant de leurs extrémités supérieures et en fléchissant les hanches en avant. Cette paralysie demeura permanente. Dans l'ablation *unilatérale* de cette région les phénomènes sont même graves. Le singe conserve son attitude normale, mais la rotation du *tronc* du côté opposé est défectueuse et la paralysie de la jambe du côté opposé très accusée (1).

Dans un cas d'épilepsie jacksonienne d'origine traumatique, opéré par HORSLEY, le *tronc* était dévié du côté opposé à la lésion : or, la trépanation démontra que cette lésion siégeait sur la première circonvolution frontale (F_1). Aussi bien, dès 1881, SILVIO TONNINI, dans une observation qui inspira quelques réflexions critiques à CHARCOT et à PITRES, décrivit un fait clinique qui permettait d'étendre, chez l'homme, la zone motrice ou sensitivo-motrice à la région préfrontale de la face interne de F , comme on l'a vu depuis sur le schéma du cerveau du singe d'HORSLEY et de SCHÄFER : chez un homme, mort à 35 ans, de gangrène pulmonaire, et qui, à l'âge de 4 ans, avait eu des accidents nerveux suivis d'une paralysie complète du membre inférieur gauche, puis d'une parésie avec contracture et arrêt de développement du même membre, une ancienne lésion, intéressant uniquement l'écorce, siégeait un peu en avant du pied de F_1, sur la face interne, et sur la portion contiguë de la circonvolution du corps calleux (2).

DAVID FERRIER avait découvert dans le *lobe frontal* un centre moteur des muscles des *yeux* ; SCHÄFER en découvrit un autre dans le *lobe occipital*. FERRIER avait vu que l'excitation de la moitié postérieure ou des deux tiers postérieurs des F_1 et F_2 déterminait entr'autres un mouvement de la *tête* et des *yeux* du côté opposé. HORSLEY et SCHÄFER, tout en confirmant cette observation, obtinrent des mouvements de la tête et des yeux en excitant une aire *plus étendue* que la sphère de (12) FERRIER. BEEVOR et HORSLEY établirent à leur tour la possibilité de différencier l'aire dont l'excitation provoque les

---

(1) V. HORSLEY et E. A. SCHÄFER. *A Record of Experiments upon the functions of the cerebral cortex*. Philos. Trans., 1888, vol. 179.

(2) S. TONNINI. *Focolajo distruttivo di antica data nella zona latente (non motrice) della facia interna del lobo frontale destro...* Arch ivio ital. per le mal. nerv., 1881, 544 sq. Cf. le réflexions de CHARCOT et de PITRES sur cette observation, « assurément la meilleure de toutes celles qui ont été données comme *contradictoires* à la doctrine des localisations. » *Étude critique et clinique de la doctrine des localisations motrices dans l'écorce des hémisphères cérébraux de l'homme*. Paris, 1883, p. 116.

mouvements de la *tête* de celle dont l'excitation détermine la déviation conjuguée des *yeux* du côté opposé. Mais le *centre frontal* du mouvement des *yeux* a été lui-même dissocié par MOTT et SCHÄFER. Ces auteurs y ont distingué : 1° un territoire moyen dont l'excitation détermine la déviation conjuguée simple ; 2° un territoire supérieur, dont l'excitation est suivie d'une déviation latérale avec abaissement des globes oculaires ; 3° un territoire inférieur, dont l'excitation provoque, avec la déviation latérale, une élévation des globes oculaires. Dans la stimulation bilatérale des deux zones *frontales* des mouvements des yeux avec des courants qui, dans l'excitation unilatérale, avaient déterminé des mouvements latéraux des yeux d'égale étendue, les axes optiques sont parallèles ou légèrement convergents. Il en est de même, toutes choses égales, si l'on excite les points homologues des zones visuelles *occipitales* (SCHÄFER, MUNK). Il existe toutefois des différences physiologiques bien marquées entre les centres *frontaux* et *occipitaux* des mouvements des globes oculaires. Si l'on excite simultanément la zone *frontale* et la zone *occipitale* opposée avec des courants qui, appliqués successivement, provoquaient des mouvements latéraux de même étendue, la zone *frontale* l'emporte décidément : le temps perdu qui suit l'excitation du lobe *frontal* est plus court. Pour rétablir la marche parallèle des réactions motrices entre les deux lobes, il faut renforcer considérablement l'excitation de la zone occipitale (1).

Après l'ablation des centres *frontaux* des globes oculaires, SCHÄFER a trouvé des paralysies transitoires des muscles de l'œil, paralysies que n'entraîne pas la destruction du lobe occipital. C'est pourquoi FERRIER situe dans les centres *frontaux* l'aire motrice corticale proprement dite des muscles des *yeux*, et ne considère les phénomènes moteurs qui succèdent à la stimulation électrique du lobe occipital que comme un effet indirect, dû à l'évocation des images subjectives de la vision. La différence entre ces centres est donc, pour FERRIER, fondamentale. Ce fut même pour vérifier la justesse de ces idées de FERRIER que SCHÄFER institua des expériences comparatives sur le temps de réaction qui suit l'excitation des aires *frontales* et *occipitales* des mouvements des yeux. Une question de doctrine, d'une très haute portée, dominait d'ailleurs cette enquête expérimentale. A cette époque, en 1888, on groupait sous deux chefs principaux les régions excitables du *cortex cerebri* : 1° celles dont l'excitation électrique produisait certains mouvements déterminés et l'ablation une paralysie de ces mouvements ; 2° celles dont l'excitation produisait bien des mouvements, mais dont l'ablation n'était pas accompagnée de la paralysie de ces mouvements.

---

(1) E. A. SCHÄFER. *On electrical Excitation of the occipital lobe and adjacent parts of the monkey's brain*. Proceedings of the R. Soc., 1888, vol. 43. — *Experiments on the electrical Excitation of the visual area of the cerebral cortex in the Monkey*. Brain, 1888. — *A comparison of the latency period of the ocular muscles on excitation of the frontal and occipito-temporal regions of the brain*. Ibid. MOTT et SCHÄFER. *On associated eye-movements produced by cortical faradisation of the monkey's brain*. Brain, 1890.

Les premières, appelées régions « motrices » ou « psychomotrices », identiques avec la région *kinesthésique* de Bastian, comprenaient les aires des mouvements de la *tête*, des *yeux*, de la *face*, de la *bouche*, des *bras*, des *jambes*, du *tronc*. De ces aires, celles des mouvements de la *tête* et des *yeux* étaient les plus avancées vers le pôle *frontal*. Suivant le point d'application des électrodes, la *tête* et les *yeux* étaient mis en mouvement soit *latéralement*, du côté opposé au lobe *frontal* excité, soit *en haut*, soit *en bas* (or up or down, dit expressément Schäfer). L'extirpation de ces centres était suivie de la paralysie des muscles de la *tête* et des *yeux*. Schäfer admettait alors que des mouvements semblables des yeux (et quelquefois de la *tête*) étaient produits par l'électrisation de T_1 et T_2, et du gyrus angulaire, comme pour celle du lobe occipital. Toutefois l'extirpation de ces régions n'entraînait pas de paralysie motrice des yeux. Quelle était donc la nature des mouvements des sphères sensorielles au regard de celles des mouvements des aires motrices des régions *frontales*, par exemple, et, d'une manière générale, des centres dits moteurs?

Ferrier soutenait que les régions du cerveau groupées sous le premier chef, celles des aires « motrices », étaient en connexion directe avec des faisceaux de projection à direction centrifuge, tandis que les mouvements consécutifs à l'excitation des régions sensorielles, telles que celles de la vision et de l'audition, étaient le résultat de l'évocation d'images ou de sensations subjectives de ces centres. Il comparait ces mouvements à ceux de la *tête* et des *yeux*, ou du *pavillon de l'oreille*, lorsqu'une lumière ou un son viennent à être perçus. A quoi d'autres physiologistes répondaient que cette interprétation des mouvements provoqués par l'excitation des sphères « sensorielles » se pouvait transporter à celle des mouvements des régions « motrices » corticales, car si les mouvements des premières sont attribuables à des sensations de la vue ou de l'ouïe, ceux des secondes doivent dériver des sensations du sens musculaire; c'est à la perte de ce sens que seraient dues les paralysies motrices, de même que la perte des sensations de la vue et de l'ouïe frappe de cécité et de surdité. On distinguait naturellement, avec Munk, les caractères « psychique » et « cortical » de ces lésions, et la motilité volontaire, ainsi que la vision et l'audition, pouvaient être abolies en fait, sans que les images mentales correspondantes le fussent, pourvu que les accidents fussent survenus à un âge et chez des individus où ces images, et les notions qui en dérivent, existaient. Dans tous les cas, les mouvements étaient toujours le résultat de sensations subjectives, dans les régions motrices comme dans les aires sensorielles. Il est aujourd'hui démontré que toutes les sphères de sensibilité générale et spéciale de l'écorce du cerveau sont, en effet, des centres de projection, et il n'est point douteux que les représentations des mouvements de la tête, des yeux, du tronc, du bras et de la face, sont des résidus de sensations cutanées, articulaires, musculaires, etc., au même titre que les représentations de la vision ou de l'audition, de l'olfaction ou du goût, sont des résidus de sensations perçues par les différents centres corticaux de ces sensations.

L'expérimentation seule pouvait mettre sur la voie véritable ; elle montra que les faits étaient, comme il arrive toujours, moins simples et plus obscurs. Voici comment raisonna Schäfer : Les effets de l'excitation des deux régions « motrices » et « sensorielles » des mouvements des yeux, c'est-à-dire *frontales* et *occipitales*, sont produits directement ou indirectement. Dans la première hypothèse, les courants nerveux suivent un faisceau direct de fibres motrices. Dans la seconde, avant d'atteindre ce tractus moteur, ils rencontrent quelques ganglions de la base ou quelque autre relai nucléaire. Dans les deux cas, la période d'excitation latente devra être la même, pour les aires *frontales* et *occipitales*, si le mode de transmission est le même. S'il existe au contraire une différence dans la période d'excitation latente des muscles oculaires, selon que l'un ou l'autre centre cortical des mouvements des yeux sera excité, la transmission directe se distinguera d'elle-même de la

transmission indirecte. L'excitation des aires motrices de la *tête* et des *yeux* de la région frontale et des régions sensorielles, c'est-à-dire de T_1 et du lobe occipital, démontra que le centre antérieur ou *frontal* avait une action plus directe sur les muscles des *yeux* que le centre postérieur ou *occipital,* car, dans toutes les courbes obtenues, la période latente du dernier a une durée beaucoup plus longue que celle du premier (1). Dans les cas où, après une anesthésie profonde, sans que l'animal fût réveillé, on réduisait au minimum l'administration de l'éther, la période latente était considérablement diminuée pour les centres antérieur et postérieur : la même différence persistait, très nettement accusée, entre les aires *frontales* et *occipitales* ou *temporo-occipitales*, et cette différence était de plusieurs centièmes de seconde. Schäfer estimait donc qu'entre l'écorce du lobe occipital et les muscles des yeux actionnés par cette aire, quelque centre nerveux devait se trouver interposé, et que ce centre n'était autre que le centre antérieur lui-même, qu'on pouvait supposer actionné par les courants partis du centre postérieur et propagés au moyen de faisceaux intracentraux. Et cependant Schäfer vit bien qu'il n'était pas nécessaire qu'il en fût ainsi, car, s'étant assuré que l'excitation de « toute la région excitable postérieure (T_1, gyrus angulaire et lobe occipital) » droite déterminait facilement un mouvement latéral des yeux à gauche, et que ce même mouvement s'obtenait également par la stimulation de l'aire *frontale* droite, il enleva cette dernière aussi complètement que possible, comprenant dans cette ablation, pour être bien sûr du fait, tout le *lobe frontal* en avant du sillon de Rolando : l'ablation produisit une déviation permanente des *yeux* (et de la *tête*) à droite, c'est-à-dire du côté de la lésion destructive. Mais, en excitant de nouveau la « région postérieure » de l'hémisphère droit, les yeux se tournèrent encore du côté opposé, comme avant l'opération. Schäfer sectionna le corps calleux : une nouvelle excitation des mêmes régions fut suivie du même résultat. Enfin, après l'ablation de tout le *lobe frontal* gauche en avant du sillon de Rolando, la stimulation de T_1 ou celle du lobe occipital des deux côtés provoqua encore des mouvements des *yeux* du côté opposé. Il est donc évident, conclut Schäfer, à la fin de cette belle démonstration expérimentale, que ces « régions postérieures » ne déterminent point de nécessité les mouvements des globes oculaires en provoquant l'activité de l'aire motrice *frontale* de ces mouvements, et que les centres nerveux qui, après l'ablation de cette aire, leur servent d'intermédiaire, doivent siéger dans quelque partie plus profondément située de l'encéphale, très probablement dans la substance grise des tubercules quadrijumeaux. Mais il n'est pas prouvé que, lorsque l'écorce du *lobe frontal* était intacte, les mouvements des muscles des yeux déterminés par l'excitation du lobe occipital n'eussent point lieu par l'intermédiaire de l'aire motrice antérieure ou *frontale* des *yeux*.

Ces deux centres de motilité des globes oculaires peuvent donc agir, dans une certaine mesure, d'une façon indépendante. Chacun d'eux envoie peut-être, par la capsule interne, des fibres qui s'arborisent dans les noyaux moteurs des globes oculaires des tubercules quadrijumeaux antérieurs. La déviation conjuguée des yeux, observée par Ferrier dans l'excitation du pli courbe, et qu'ont notée les observateurs postérieurs, Schäfer l'attribue aujourd'hui, avec raison, à la diffusion du courant sur

(1) V. les tableaux dans Schäfer. *On the relative lenght of the period of latency of the ocular muscles...* Internat. Monatsschrift f. Anat. u. Physiol., 1888, V, 149 sq.

le lobe occipital, encore qu'on puisse l'expliquer par la présence des collatérales du faisceau optique dans cette région, qui fait partie du grand centre d'association postérieur de FLECHSIG. L'existence de centres multiples d'innervation des globes oculaires, sans parler de l'innervation bilatérale, quoique incomplète, des muscles de ces organes, expliquerait, au dire de quelques cliniciens, la rareté relative des ophtalmoplégies d'origine corticale au regard des hémiplégies des membres et de la face.

L'étude expérimentale des centres fonctionnels des mouvements des *yeux* a été poussée plus loin encore par C. S. SHERRINGTON et J. S. RISIEN RUSSELL. Dans sa note sur la *Corrélation d'action des muscles antagonistes* (1), SHERRINGTON a même élargi la question, pourtant déjà si vaste par elle-même, et vraiment capitale, puisque le rapport est évident entre la prépondérance du *lobe frontal* chez l'homme, mammifère à marche et à station verticales, et l'étendue des centres d'innervation volontaire de l'œil, de la tête et peut-être du tronc sur les mêmes régions. Les anciennes facultés supérieures de l'entendement, l'attention, la réflexion, la contention d'esprit, la concentration et la tension des ressorts de l'intelligence dans la méditation, tous les modes de l'activité volontaire, avec l'illusion de la liberté ou du libre arbitre, ne sont, en réalité, que des faits de conscience, dont les signes extérieurs, en même temps que les conditions véritables, sont précisément, pour la plus grande part, les mouvements de la tête et des yeux, ces regards fixes sans vision extérieure, absorbés par la vision intérieure, ces attitudes cataleptiformes, dont la raideur et l'immobilité sont en raison directe de l'intensité du travail de la pensée, la continuité de l'effort poussée jusqu'à la contracture, ce tétanos physiologique qu'on nomme la volonté, bref, la tension plus ou moins isolée ou généralisée des muscles de la face, du tronc et des extrémités.

Voici l'observation par laquelle SHERRINGTON fut mis sur la trace des recherches expérimentales dont nous allons rappeler les résultats. Si, en excitant chez un singe les territoires moteurs des extrémités, on détermine, par exemple, un mouvement de flexion du pouce ou du gros orteil, et qu'on sectionne ensuite les nerfs des muscles fléchisseurs de ce doigt, une nouvelle excitation du même point de l'écorce cérébrale provoque bien d'ordinaire un mouvement opposé au premier, mais, quelquefois aussi, il se produit un mouvement de mêmes sens et direction qu'avant la section des nerfs des muscles fléchisseurs : c'est ce que SHERRINGTON appelle *phenomenon of reversal*. La persistance de ce mouvement, dans ces expériences, indique que l'excitation de l'écorce inhibe le tonus des muscles antagonistes des fléchisseurs, c'est-à-dire des extenseurs. C'est, en effet, un des attributs reconnus

(1) C. S. SHERRINGTON. *Further Experimental Note on the correlation of Action of Antagonistic Muscles.* Proceedings of the R. Soc., vol. 35, 1893, 407-420. — *Experimental Note on two Movements of the Eye.* Journ. of Phys., XVII, 1894, 27 sq.

de l'écorce des hémisphères du cerveau d'inhiber l'activité des muscles striés. Dans la coordination des mouvements des globes oculaires, cette propriété joue évidemment le plus grand rôle. De là les recherches de SHERRINGTON sur la corrélation d'action des muscles droits internes et externes antagonistes des mouvements des *yeux*. A cet effet, il institua l'expérience suivante. La région de l'écorce d'un hémisphère, de l'hémisphère gauche, par exemple, dont l'excitation provoque les mouvements associés des yeux ayant été circonscrite, SHERRINGTON sectionna, à gauche, le nerf moteur oculaire commun et le nerf trochléaire ou pathétique, qui innerve le muscle grand oblique, ne laissant intact que le nerf de la VIe paire, le moteur oculaire externe, qui innerve le muscle droit externe du globe oculaire. Immédiatement après la section, aucun changement ; la pupille n'était pas même encore dilatée. Le point circonscrit de l'écorce ayant été excité, l'effet fut à peu près le même qu'avant l'opération : déviation conjuguée des deux globes oculaires à droite; le mouvement de l'œil gauche fut un peu plus lent, mais il eut lieu ; celui de l'œil droit resta exactement le même. A quoi rapporter cet effet de l'excitation de l'aire corticale motrice des globes oculaires, sinon à un arrêt du tonus du nerf de la VIe paire, épargné par l'opération ? SHERRINGTON avait le droit de conclure que, après la section des IIIe et IVe nerfs crâniens, le tonus du muscle droit externe peut être inhibé dans l'orbite du *même* côté que l'hémisphère excité, que l'excitation corticale produisant cette inhibition porte d'ailleurs sur l'aire frontale ou sur l'aire occipitale des mouvements des *yeux*. Après une section bilatérale des nerfs moteur oculaire commun et pathétique, un strabisme divergent se produit des deux côtés : sous l'influence d'une excitation des deux aires motrices frontales des mouvements des yeux, les globes oculaires se tournent en dedans, dans leur position primitive, avec un certain degré de convergence. Après la section du VIe nerf crânien à son origine, du côté gauche, les globes oculaires prirent immédiatement la position de légère convergence qu'on observe dans l'anesthésie peu profonde ; ce strabisme interne disparaissait quand le regard de l'animal était volontairement dirigé à droite; il augmentait si l'œil était tourné à gauche. Comme celle du muscle droit externe, l'activité du muscle droit interne, qu'innerve le nerf moteur oculaire commun, peut être directement inhibée par l'excitation des aires motrices oculaires du *lobe frontal* ou du *lobe occipital* de l'hémisphère opposé.

De l'ensemble de ces expériences il ressort non seulement que l'écorce du cerveau peut inhiber le tonus des muscles striés et abaisser leur activité jusqu'aux limites de la paralysie, mais que, dans certaines conditions, — que l'inhibition soit due à la faradisation d'un centre cortical ou au stimulus de la volition, — l'effet de cette excitation est, « non pas de stimuler les muscles, mais d'agir sur eux dans le sens opposé », comme s'exprimait déjà CHARLES BELL, dans un passage qu'a retrouvé SHERRINGTON, et que nous nous plaisons à reproduire, car le phénomène décrit par SHERRINGTON n'est pas vrai seulement d'un groupe de muscles oculaires, les *droits externes,* encore que l'inhibition corticale soit plus facile à réaliser expérimentalement pour les muscles des globes oculaires que pour les muscles des doigts de la main ou du pied.

CHARLES BELL, après avoir rappelé quelques expériences exécutées par lui sur les fonctions du IVe nerf crânien, ajoute ce qui suit dans une simple note : « On regarde si généralement les nerfs comme destinés à stimuler les muscles, *sans penser à leur action dans le sens opposé,* qu'il est nécessaire de donner ici quelques autres détails. C'est par les nerfs que s'établit la connexion entre les muscles ; non seulement cette connexion par laquelle les muscles sont combinés pour produire un effort, mais aussi ce rapport qui existe entre les différentes classes des muscles, et par lequel l'une se relâche tandis que l'autre se contracte. Je suspendis au tendon d'un muscle extenseur un poids qui l'étendait

et le tirait au dehors, et je remarquai que la contraction du fléchisseur antagoniste était accompagnée de l'abaissement du poids, ce qui indiquait le relâchement de l'extenseur. Pour établir cette connexion entre deux classes de muscles, qu'ils soient groupés les uns auprès des autres, comme dans les membres, ou qu'ils soient épars çà et là sur une grande surface, comme dans les muscles de la respiration, il doit y avoir des nerfs particuliers et destinés à faire ce double nœud, à combiner les muscles dans le relâchement aussi bien qu'à exciter leur contraction. Si c'est par la distribution des nerfs que s'établit ce rapport entre les muscles des paupières et le muscle oblique supérieur de l'œil, l'un se relâchera tandis que l'autre se contractera » (1).

Ainsi, après la section des IIIe et IVe nerfs crâniens à gauche, le muscle droit externe demeurant seul innervé par le nerf moteur oculaire externe, l'excitation de l'écorce des lobes *frontal* ou *occipital* gauches, au moyen de courants induits, provoque une déviation conjuguée des deux yeux à droite, comme avant la section des nerfs, l'œil gauche décelant seul un léger trouble de motilité. Sherrington en a conclu que l'écorce cérébrale peut déterminer une inhibition du tonus et de la contraction active du droit externe. Mais, outre cette action d'arrêt obtenue par l'excitation des aires motrices corticales des yeux, soit frontales, soit occipitales, dans beaucoup de cas cet arrêt se produit par l'effet d'une excitation sous-corticale. La réaction étudiée ici ne dépend donc pas essentiellement de l'écorce cérébrale. D'abord l'inhibition peut être obtenue, on l'a vu, par une excitation de l'aire frontale, après ablation complète du lobe occipital, aussi bien que par l'excitation de l'aire occipitale après ablation complète de l'aire frontale. Les aires frontale et occipitale réagissent encore séparément après une section profonde séparant, comme dans les expériences de Munk et d'Obregia, l'écorce du lobe occipital de celle du lobe frontal. L'arrêt est réalisé par l'excitation de la *couronne rayonnante* de l'écorce du *lobe frontal* ou de celle du *lobe occipital*, après ablation complète de l'écorce même. L'arrêt s'obtient par une excitation directe de la *capsule interne* sur deux points situés en arrière du genou de la capsule. On le provoque, enfin, en excitant une surface de section du *corps calleux* pratiquée à 3 ou 5 millimètres en arrière du genou ou encore dans la région du splenium. Il ressort manifestement de ces faits que la substance grise de l'écorce cérébrale n'est point, dit Sherrington, « essentielle au phénomène ». L'action d'arrêt que ce savant a si bien étudiée, et dont nous avons signalé la grande portée physiologique, doit être par conséquent localisée dans des centres sous-corticaux.

L'excitation des centres corticaux des mouvements des yeux avaient provoqué des mouvements latéraux des bulbes oculaires (Ferrier, Horsley et Schäfer, Beevor et Horsley, Sherrington). J. S. Risien Russell entreprit, sous les auspices d'Hughlings Jackson, une série d'expériences à l'effet de savoir s'il existait des territoires de l'écorce cérébrale dont la stimulation provoquerait d'autres mouvements des yeux.

Il sectionna les muscles droits, le muscle droit externe de l'œil du côté opposé et le muscle droit interne du côté correspondant à l'hémisphère excité et électrisa ensuite l'aire

---

(1) Charles Bell. *The nervous System of the human Body*. Third Ed. Edinburgh, 1836, 177. On the nerves of the orbit (1823). Cf. *Exposition du système naturel des nerfs du corps humain*, trad. de l'anglais par J. Genest, avec des observ. inédites, etc. Paris, 1825, 237.

motrice de l'écorce du cerveau. Il obtint alors des mouvements en haut et en bas des globes oculaires. Aussi bien, les mouvements dissociés qui, au cours de ces expériences diversement combinées, furent constatés, sont au nombre de sept. RUSSELL a pu ainsi circonscrire sur l'écorce cérébrale des territoires pour les mouvements des yeux en haut, en bas, en haut et en dehors, en bas et en dedans, ainsi qu'un point pour un mouvement de convergence. L'extirpation des centres circonscrits dont l'excitation détermine une déviation conjuguée des yeux du côté opposé, fut suivie d'une déviation conjuguée des yeux *du côté de la lésion de l'écorce cérébrale,* mais transitoire. Outre ces centres de l'écorce cérébrale, RUSSELL en a décrit d'autres pour les mouvements des yeux dans le cervelet. SAUCEROTTE croyait à une innervation des yeux par le cervelet (1769). MAGENDIE (1824) avait décrit la position des yeux après lésion du cervelet ou de ses pédoncules moyens. Puis étaient venues les observations de GRATIOLET, de LEVEN, d'OLLIVIER, sur les troubles des mouvements des yeux consécutifs aux expériences sur les différentes régions du cervelet. De nos jours, enfin, les recherches célèbres de LUCIANI et de FERRIER. Ces auteurs avaient constaté, outre du nystagmus, des troubles paralytiques des mouvements des yeux après l'ablation du cervelet entier ou d'un hémisphère et de lésions du *vermis*. Comme il était possible que ces symptômes fussent l'effet de troubles accessoires du labyrinthe ou du nerf acoustique, RUSSELL, au cours d'une série d'expériences de contrôle consistant dans l'ablation du labyrinthe et dans la destruction ou l'excitation du nerf acoustique, provoqua bien des troubles de motilité des globes oculaires, mais d'un caractère tout à fait différent de celui qu'entraînent les lésions du cervelet. Après l'ablation d'un lobe latéral du cervelet, l'œil opposé est porté en bas et en dehors, tandis qu'après les lésions du labyrinthe et du nerf de la VIIIe paire il est porté en dedans, et aussi en haut (BECHTEREW). L'œil du même côté que la lésion revient à sa position normale après que l'effet produit par l'anesthésique est passé, quand la lésion est cérébelleuse : si elle est labyrinthique, la déviation oculaire persiste. Et, de même, si l'œil est dans une position anormale après l'ablation d'un lobe latéral du cervelet et avant que l'effet de l'anesthésique soit passé, il est tourné en haut et en dehors, tandis qu'après les lésions du labyrinthe et du nerf acoustique il est tourné en bas et en dehors (BECHTEREW). L'effet produit par l'ablation d'un lobe latéral du cervelet sur un chien dont une partie de la sphère motrice cérébrale des yeux de l'hémisphère opposé a été enlevée, est le même que l'effet produit sur un animal dont les aires motrices cérébrales des yeux seraient demeurées intactes. En combinant ainsi les lésions du cervelet avec celles des territoires de l'écorce du cerveau, RUSSELL a vu que les lobes latéraux du *cervelet* et les centres considérés de l'écorce du *cerveau* possèdent une *influence antagoniste* sur les *muscles oculaires*.

Le fait qui nous paraît le mieux établi par ces expériences, c'est que l'influence exercée sur les muscles oculaires de l'œil opposé par un lobe latéral du cervelet et par les cellules corticales de l'aire motrice des yeux de l'hémisphère cérébral du même côté que le lobe du cervelet est antagoniste. Tandis que l'une de ces influences empêche l'œil de se mouvoir dans une direction, l'autre l'empêche de se mouvoir dans une direction exactement opposée, de sorte que, lorsque l'une ou l'autre influence est séparément supprimée, une position anormale des globes oculaires en résulte, tandis que si les deux influences sont simultanément abolies, cette position anormale des globes oculaires n'a pas lieu : elle demeure normale en fait. On pourrait dire encore qu'un lobe latéral du cervelet et l'hémisphère cérébral *opposé* exercent une influence combinée qui tend à mouvoir les yeux dans une direction, tandis que l'autre lobe latéral du cervelet et l'autre hémisphère cérébral réalisent les conditions du mouvement des yeux dans une direction exactement opposée. Ces deux influences sont antagonistes. Le cervelet exerce une action

tout à fait indépendante sur les muscles oculaires; son influence est directe; elle n'est pas produite indirectement par l'action de l'hémisphère cérébral *opposé* (1).

Quant aux aires motrices des yeux de l'écorce du cerveau, il résulte des expériences de Russell que tous les mouvements des globes oculaires, et non pas seulement les mouvements latéraux du côté opposé à l'hémisphère excité, y sont représentés. Si, comme l'avait supposé Hughlings Jackson (p. 6), les mouvements latéraux des yeux ont dans le cortex une représentation beaucoup plus importante que tout autre mouvement des yeux, si bien qu'ils masquent, en quelque sorte, les autres mouvements, quand l'aire motrice des yeux est stimulée, ces derniers n'en sont pas moins représentés dans l'écorce : entre ces mouvements et les mouvements latéraux des yeux, il n'existe qu'une différence de degré, et sans doute de complexité, dans les représentations cérébrales d'où partent les incitations motrices de ces réactions.

Charles Beevor et Victor Horsley ont décrit l'ordre ou l' « arrangement » relatif des faisceaux de fibres qui, en rapport avec les différentes aires de l'écorce cérébrale, et dans des directions différentes, traversent la *capsule interne*. Des deux procédés opératoires qui peuvent être employés pour établir quelles voies suivent ces fibres et quelle position réciproque elles occupent dans la capsule, l'excitation des faisceaux ou la dégénération secondaire de ces faisceaux consécutive à l'ablation des diverses aires corticales, les auteurs anglais ont recouru ici uniquement au premier: celui de la stimulation électrique des fibres capsulaires. Monakow, dès 1882, avait constaté, chez le lapin, après une ablation de la *portion antérieure* des hémisphères, y compris la zone excitable, une atrophie de la partie antérieure de la capsule interne, le corps strié demeurant normal. Gudden, après une ablation du *lobe frontal* chez le même mammifère, avait vu une atrophie de la « partie interne des pédoncules. » Les expériences de Burdon-Sanderson (1874), de Veyssière (1874), de Carville et Duret (1875), de Vulpian (1876), de Pitres, Gudden, Löventhal, Franck et Pitres (1887), portèrent sur les carnassiers, celles de Schäfer (1883) et de Ferrier (1884) sur les singes. Dès 1851, Türck avait montré dans les cas d'hémiplégie de longue durée les parties dégénérées de la *capsule interne* et du *pédoncule cérébral,* ouvrant la voie aux grands travaux classiques en ce domaine de Flechsig, Bouchard, Charcot, Brissaud, Obersteiner, Dejerine.

L'ordre dans lequel se suivent, d'avant en arrière, dans la *capsule interne,* les fibres issues des aires motrices du cerveau est le même que dans l'écorce : I. *Fibres préfrontales.* II. *Fibres pyramidales* ou *fronto-pariétales.* III. *Fibres temporales.* IV. *Fibres occipito-temporales.* V. *Fibres occipitales.* Les fibres capsulaires des faisceaux III, IV et V,

---

(1) J. S. Risien Russell. *An Experimental Investigation of Eye movements.* The Journ. of Physiology, XVII, 1894-1895, p. 1-26.

« conducteurs de la sensibilité générale et spéciale », n'étant pas excitables, leur situation n'a été indiquée par Horsley et Beevor que par exclusion ; en pratiquant la section de ces faisceaux, à l'extrémité postérieure, ces savants ont noté un mouvement général réflexe dans les animaux, alors plongés dans la narcose. De ce tiers postérieur de la capsule interne, une partie, représentée sur les coupes horizontales de la capsule par les auteurs, est électriquement excitable ; seule, la partie la plus reculée ne l'est pas : ce n'est que pour cette région qu'est exacte la doctrine reçue de Carville et Duret et de Charcot touchant le passage des fibres de la sensibilité générale et spéciale dans le tiers postérieur du segment postérieur de la capsule interne (1).

Les fibres préfrontales, venant de la *région préfrontale,* se montrent, dans la partie antérieure de la capsule interne, disposées en faisceaux horizontaux. L'excitation de la région préfrontale de l'écorce n'a provoqué des mouvements musculaires que dans les expériences de Munk ; l'ablation de la même région a été suivie de dégénération descendante des fibres du segment antérieur de la capsule interne (Ferrier) : toutefois, à en juger par les figures, Beevor et Horsley estiment que certaines portions de l'aire excitable des représentations motrices de la *tête* et des *yeux* se trouvaient comprises dans cette ablation. Ce segment antérieur de la capsule interne étant en fait inexcitable, la méthode adoptée ici par ces savants ne pouvait apporter qu'une confirmation négative de la disposition attribuée à ces fibres dans ce segment de la capsule interne. Éclairés par les faits que nous avons exposés sur la nature des effets déterminés par l'excitation et l'ablation des régions préfrontales, il n'en n'est pas moins précieux, pour la théorie des fonctions du lobe frontal, considéré comme un grand centre d'association, de recueillir le résultat des expériences de Beevor et d'Horsley sur le *faisceau préfrontal* de la capsule interne, résultat qui n'est négatif qu'en apparence, et qui établit que les fibres venant des régions les plus antérieures et de la face interne des lobes frontaux « ne possèdent sûrement point de fonction motrice efférente. »

Les fibres excitables de la capsule interne, lesquelles proviennent de la *région fronto-pariétale,* comprennent à la fois les fibres capsulaires qui par les pyramides descendent aux différents centres spinaux des extrémités et du tronc, et celles des nerfs crâniens (facial, hypoglosse, etc.). Sans trancher la question de savoir si les mouvements des yeux consécutifs à l'excitation du *lobe occipital* ou du *gyrus angulaire* ne résulteraient pas d'une stimulation secondaire de l'aire motrice frontale des globes oculaires, ce que semblerait indiquer la plus longue période d'excitation latente de ces mouvements, les auteurs croient en tout cas probable que les fibres capsulaires dont l'excitation provoque la déviation conjuguée des yeux ne proviennent que de la région fronto-pariétale.

Ce mouvement constitue-t-il, comme on l'admet généralement, un mouvement bilatéral, au sens strict du mot ? En d'autres termes, tous les mouvements que peuvent exécuter les muscles oculaires des deux côtés sont-ils également et à la fois représentés par des images motrices dans *chaque* hémisphère cérébral ? La plupart des questions relatives à l'unilatéralité ou à la bilatéralité fonctionnelle de chaque hémisphère paraissent

---

(1) Ch. Beevor et V. Horsley. *An Experimental Investigation into the Arrangement of the excitable Fibres of the internal capsule of the Bonnet monkey (Macacus sinicus).* Phil. Trans. of the R. Soc. of Lond., vol. 181, 1890. Lond., 1891, 49-88. Cf. Ibid., 1887-1888.

avoir été résolues avant d'avoir atteint un degré de maturité suffisant. Un des principes de physiologie cérébrale qui, suivant GOLTZ, ressort de ses expériences, c'est qu'il existe dans chaque hémisphère du cerveau, au moins chez les carnassiers, des territoires d'innervation pour les deux moitiés du corps. Chez l'homme, ce principe ne s'applique qu'aux territoires musculaires des deux côtés du corps dont l'action est d'ordinaire symétriquement associée, tels que ceux des muscles du tronc, des yeux, de la face, de la langue, et, à un degré moindre, des extrémités inférieures dans la locomotion. Sans parler des expériences déjà anciennes de HEIDENHAIN, de celles d'EXNER et de PANETH, dont il résulte que l'aire motrice corticale du facial de chaque hémisphère est en connexion avec les muscles de la face des deux côtés, ce qui a fait admettre à EXNER que les territoires corticaux d'un grand nombre de muscles sont, chez l'homme aussi, bilatéraux, des cliniciens, tels que NOTHNAGEL, ont rapporté à une innervation bilatérale du membre inférieur dans la locomotion la restauration plus rapide qu'il présente de ses mouvements, au regard de l'extrémité supérieure, dans les hémiplégies cérébrales. BROWN-SÉQUARD considérait chaque hémisphère comme suffisant à l'innervation des deux parties du corps. Il taxait d'« insoutenable » la doctrine de l'action croisée des hémisphères, attribuant, on le sait, la paralysie par lésion du cerveau, non à la perte de fonction de la partie détruite, mais à une influence d'arrêt exercée sur les centres moteurs et provoquée par l'irritation à distance du siège de l'affection ou de son voisinage (Gaz. des Hôpitaux; Lancet, 1876).

On admet que la musculature du *tronc* et de la *nuque* n'est jamais paralysée d'une manière durable par une lésion en foyer unilatérale. On invoque les expériences de HITZIG à ce sujet, d'où résulterait la démonstration de l'innervation bilatérale de chacun de ces territoires corticaux. Il en serait de même pour les mouvements de la mastication, ce qui est exact, et, on peut ajouter, pour la déglutition aussi (mouvements du voile du palais). Un foyer symétrique dans le domaine du facial, de l'hypoglosse serait nécessaire pour produire les phénomènes de la paralysie pseudo-bulbaire. De même, enfin, pour la déviation conjuguée des *yeux* et de la *tête*. FERRIER ayant vu ce symptôme se manifester après l'ablation du pied de F_1 ou de la portion antérieure du gyrus angulaire, écrivait : « Comme dans les cas semblables chez l'homme, la déviation conjuguée de la *tête* et des *yeux* fut de courte durée relativement. » « Les mouvements latéraux de la *tête* et des *yeux* ne peuvent être paralysés d'une façon permanente à moins que toutes les parties de la *région frontale* ne soient complètement détruites » (*Croonian Lectures*, leç. VI). L'extirpation de la circonvolution marginale produit la paralysie

des mouvements que laisse intacts la destruction des centres de la convexité de l'hémisphère, c'est-à-dire les mouvements du *tronc,* ceux des muscles de la *hanche* et quelques mouvements de la *jambe*; mais, pour que ces mouvements soient entièrement paralysés, la circonvolution marginale doit être détruite sur les *deux* hémisphères. Car, ajoute FERRIER, « comme il semble que les mouvements du *tronc* sont bilatéralement coordonnés dans la circonvolution marginale, l'ablation d'une seule circonvolution est insuffisante pour produire un effet marqué : à l'ablation bilatérale succède une paralysie absolue des muscles du tronc » (*Ibid.*). Même pour les *membres,* et non pas seulement, par conséquent, pour le *tronc,* la *tête* et les *yeux,* « chaque hémisphère représente les deux moitiés du corps, principalement le côté opposé, mais le même côté aussi, le côté correspondant, jusqu'à un certain point. » La connexion de chaque hémisphère avec les deux moitiés du corps explique que, dans les hémiplégies cérébrales, l'énergie des mouvements soit aussi diminuée du côté correspondant à la lésion. Elle explique aussi que, dans les mêmes cas, et dans les expériences où les centres moteurs d'un hémisphère sont détruits entièrement, ce sont les mouvements habituellement associés, les mouvements d'ensemble, qui s'améliorent, non les mouvements dissociés, indépendants et volontaires. Dans la paralysie corticale, la motilité du bras est toujours plus altérée que celle de la jambe. Bref, c'est un principe admis par FERRIER que « les mouvements associés sont rarement paralysés d'une manière permanente et complète », principe évidemment exact. Toute la difficulté consiste à savoir quels sont les mouvements vraiment bilatéraux, c'est-à-dire innervés par des territoires corticaux de représentation réellement bilatérale, quels sont ceux pour lesquels ce caractère est douteux ou incomplet, quels sont ceux pour lesquels il est certainement erroné, encore que généralement considéré comme véritable. Les effets d'une lésion de déficit unilatérale du territoire cortical des mouvements des yeux, territoire localisé par WERNICKE dans P_2, s'amenderaient à ce point, suivant ce savant, que le malade apprend relativement vite, au moyen du centre correspondant de l'autre hémisphère, à exécuter les mouvements des yeux. Ainsi, après l'attaque d'apoplexie, ce symptôme disparaîtrait au bout de quelques jours, rarement après des mois :

« L'analogie de la déviation conjuguée des yeux (que WERNICKE rapporte à une lésion en foyer de P_2) avec d'autres mécanismes moteurs, où il s'agit de muscles des deux moitiés du corps agissant symétriquement, incline à penser que, en vertu de quelque disposition générale, les mouvements de ce genre doivent être dans leur ensemble représentés dans chaque hémisphère, de sorte que la perte d'un hémisphère ne détermine toujours qu'une paralysie transitoire, l'hémisphère sain étant capable d'apprendre à exécuter ces mouve-

ments, dont les mécanismes existent également chez lui, et fonctionnent seulement un peu plus difficilement peut-être. L'abolition permanente de la fonction résulterait de la présence d'un foyer symétrique sur chaque hémisphère. C'est ainsi que la musculature du *tronc* et de la *nuque* ne semble jamais être paralysée d'une manière permanente par des lésions en foyer unilatérales, territoires musculaires pour lesquels l'innervation bilatérale des deux hémisphères a été expérimentalement démontrée depuis HITZIG... Je me représente tout à fait de la même manière la fonction du centre qui, dans chaque hémisphère, innerve les mouvements des yeux » (1).

L'existence de la déviation conjuguée dans l'hémiplégie, bien étudiée par PRÉVOST (1868), qui a désigné ce symptôme par le nom qu'il porte, est un signe invoqué par HUGHLINGS JACKSON pour le diagnostic du degré de gravité relative, ainsi que pour le pronostic, de cette affection (2). Dans ce cas, la déviation des yeux a lieu dans un sens opposé à celui que déterminent les lésions irritatives de l'écorce : le malade regarde sa lésion en foyer. La direction de la déviation diffère donc avec le caractère de la lésion corticale. Dans l'épilepsie corticale ou jacksonienne, la déviation conjuguée des *yeux,* et quelquefois aussi de la *tête,* du côté convulsé, est un symptôme assez ordinaire, comme l'a établi LANDOUZY (1879) : c'est le symptôme d'*irritation* corticale, le *Reizsymptom* de WERNICKE. Dans l'hémiplégie, où domine le symptôme de *paralysie (Lähmungssymptom),* bref, dans les lésions destructives où, au lieu d'un spasme conjugué, il existe une paralysie conjuguée, on conçoit que la déviation doive être de sens contraire. Dans les convulsions épileptiformes, toutefois, certains auteurs, PICK entre autres, ont vu la déviation typique des yeux et de la tête être d'abord précédée d'une déviation conjuguée du côté opposé. Suivant donc qu'il s'agit de lésion irritative ou de lésion destructive de l'écorce, la direction des globes oculaires sera opposée, et un seul et même centre pourra successivement produire ces symptômes.

Ce centre est pour LANDOUZY comme pour GRASSET, pour WERNICKE et pour HENSCHEN, le *lobule pariétal inférieur* (le lobule supramarginal et le pli courbe). Mais la lésion de choix, le cas pur, n'a pas encore été rencontré, dont LANDOUZY, en 1879, exprimait en ces termes le desideratum : « Il faudrait tomber sur un malade n'ayant offert qu'un symptôme de déviation conjuguée, et présentant à l'autopsie une lésion circonscrite (du lobule pariétal inférieur) » (3).

---

(1) C. WERNICKE. *Herderkrankung des unteren Scheitelläppchens.* Arch. f. Psych., XX, 1889, 243-275. WERNICKE fait remarquer ici qu'il a laissé de côté dans son observation clinique la rotation de la *tête*, pour plus de simplicité dans l'exposition. Ce symptôme n'est d'ailleurs pas toujours associé à celui de la déviation conjuguée des yeux.

(2) HUGHLINGS JACKSON. *Clin. Lecture on a case of Hemiplegia.* Brit. med. Journ., 1874.

(3) LANDOUZY. *De la déviation conjuguée des yeux et de la rotation de la tête.* Bull. Soc. anat., 1879.

D'une manière indépendante, et à peu près en même temps, GRASSET était arrivé à la même conception : « Quand la déviation conjuguée doit être attribuée à une lésion corticale, écrivait le savant neurologiste de Montpellier, l'altération siège le plus souvent dans les circonvolutions qui coiffent le fond de la scissure de SYLVIUS et le pli courbe » (1). Et il indiquait les centres 13, 13' et 14 de FERRIER, lesquels s'étendent sur tout le lobe pariétal inférieur et sur les parties adjacentes des lobes temporal et occipital. Le lobule pariétal inférieur (P_2), et en particulier le *gyrus angularis*, ou pli courbe, est, on le sait, la « sphère sensitive de l'œil » d'HERMANN MUNK. GRASSET et LANDOUZY ont localisé dans le *pli courbe* un centre cortical pour le muscle releveur de la paupière supérieure : la blépharoptose ou chute de la paupière supérieure serait liée à la destruction du pli courbe du côté opposé (2). Déjà à cette époque (1876-1877) un grand nombre d'observations de paralysie faciale

---

(1) GRASSET. *De la déviation conjuguée de la tête et des yeux.* Montpellier, 1879. *Des localisations dans les maladies cérébrales*, 3e éd. Paris, 1880, 215.

Aujourd'hui encore, GRASSET localise dans le *pli courbe*, et défend, contre PITRES et CHARCOT, le centre de l'*oculo-moteur commun* (*). L'*œil moteur*, comme l'*œil sensoriel*, se divise en deux moitiés : la moitié droite bilatérale et la moitié gauche bilatérale. « Physiologiquement et cliniquement, au lieu de distinguer l'œil droit et l'œil gauche, il vaut mieux distinguer la moitié droite des deux yeux et la moitié gauche des deux yeux. » Le nerf hémivisuel ou hémioptique gauche, parti de la moitié gauche des deux rétines, se rend à l'écorce de la scissure calcarine gauche ; le nerf hémivisuel droit va de la moitié droite des deux rétines à la rétine cérébrale droite. Il en est de même pour la motilité oculaire. GRASSET rappelle l'ingénieuse image dont s'était servi FOVILLE pour représenter les choses : « La nature emploierait un moyen analogue à celui que l'homme a su trouver lorsque, devant conduire deux chevaux attelés ensemble, il sait réunir dans chacune de ses mains les rênes qui, par un seul mouvement, les entraînent tous les deux à la fois vers la droite ou vers la gauche. » Seulement, ajoute l'éminent neurologiste de Montpellier, nous plaçons la main qui tient les rênes, non plus dans le noyau mésocéphalique (origine réelle en 1858), mais dans l'écorce cérébrale (vrai protoneurone moteur) : nous substituons le cocher cortical au cocher bulbaire. « Un nerf ne commence ou ne finit pas plus à ce qu'on appelle son origine réelle qu'à son origine apparente : *les noyaux de l'ancienne origine réelle ne sont que des neurones de relais entre le neurone central et le neurone périphérique*. L'individualité d'un nerf n'est plus définie par son centre mésocéphalique, mais par son *centre cortical*... Nulle part, dans l'écorce cérébrale, il n'y a un nerf optique droit ou un nerf optique gauche ; aussi n'y a-t-il plus guère que les hystériques qui fassent de l'amblyopie unilatérale d'origine centrale... Il n'y a que des nerfs *hémioptiques*, un *droit* et un *gauche*, aboutissant chacun à un hémisphère et venant de la moitié *homonyme* des deux rétines. Il en est de même pour les *oculo-moteurs* : l'oculo-moteur n'est nulle part dans l'écorce cérébrale comme il est à son entrée dans l'orbite. » Une lésion unilatérale d'un centre cortical de l'oculo-moteur ne provoque donc pas plus une paralysie unilatérale de tout l'oculo-moteur commun qu'une lésion unilatérale d'une sphère corticale visuelle n'entraîne une cécité unilatérale ou une amblyopie : la première de ces lésions détermine aussi nécessairement une *déviation conjuguée* que la seconde une *hémianopsie*. La déviation conjuguée est le symptôme de l'altération du *nerf hémioculo-moteur* (entre le neurone cortical et le chiasma des nerfs oculo-moteurs) comme l'hémianopsie est le symptôme de l'altération du *nerf hémioptique* (entre le neurone cortical et le chiasma des nerfs optiques). Seule, une lésion *en avant* de ces chiasmas produira une amblyopie si elle affecte les nerfs optiques, une paralysie totale de l'oculo-moteur commun si elle atteint les nerfs oculo-moteurs.

(2) GRASSET. Progrès médical, 27 mai 1876, 406. LANDOUZY. *De la blépharoptose cérébrale (paralysie dissociée de la 3e paire) et de son importance au point de vue anatomique et clinique.* Arch. gén. de méd., 1877.

(*) GRASSET. *Le chiasma oculo-moteur (semi-décussation du moteur-oculaire commun).* Revue neurol., 1897, 321 sq.

inférieure avaient permis de circonscrire sur les hémisphères du cerveau l'origine corticale du facial inférieur; il n'en était pas de même pour « la localisation des origines du rameau élévateur de la paupière », ainsi que le constatait LANDOUZY. Dans les dix observations qu'il avait rassemblées, la paralysie du moteur oculaire commun était *croisée* par rapport aux lésions ; elle était *partielle*, les troubles paralytiques ne portant pas sur le domaine entier du nerf de la troisième paire. « S'il existe pour la IIIe paire d'autres faisceaux *cérébraux*, il n'y a pas plus de rapport de voisinage entre le *centre moteur des rameaux destinés à la paupière supérieure et ceux destinés aux muscles de l'œil*, qu'il n'y en a entre le centre du facial inférieur et le centre moteur des muscles orbiculaire, palpébral, sourcilier et frontal. » LANDOUZY témoignait s'être assuré, en relevant sur des schémas, à la façon d'EXNER, la position des lésions trouvées dans chacun des cas, que ces lésions se groupaient dans une aire « correspondant aux limites mêmes du lobe pariétal ». Pourtant, de toutes ces lésions transportées sur un même schéma, la plupart convergeaient nettement vers les parties postérieures du lobe pariétal; elles confinaient au pli courbe quand la ptose s'était montrée isolée, au lobule du pli courbe quand la ptose était associée à des troubles paralytiques des membres et de la face. Aucun trouble de la vision. Des faits ainsi étudiés dans un esprit et avec une méthode vraiment scientifiques, LANDOUZY concluait : 1° que l'origine du *centre moteur du releveur de la paupière* doit être cherchée dans la *région postérieure du lobe pariétal*; 2° que cette origine ne confine pas immédiatement aux centres moteurs des membres, puisque la ptose semble avoir une existence aussi souvent isolée qu'associée aux troubles hémiplégiques; 3° que, parmi les faisceaux constituant par leur réunion la IIIe paire, ceux destinés à l'élévateur palpébral paraissent seuls avoir des connexions avec les hémisphères. Des observations de CHAUFFARD (1881), de LEMOINE (1887), de SURMONT (1886), entre autres, paraissaient confirmer les vues de GRASSET (1876) et de LANDOUZY (1877). Dans un cas, rapporté par C.-A. HERTER, de *ptosis* du côté gauche, avec légère mydriase et réaction ralentie de la pupille de l'œil gauche, hémiparésie droite peu accusée sans participation de la face, il existait un foyer de ramollissement circonscrit, et à peu près superficiel, c'est-à-dire n'intéressant que peu le tissu sous-jacent à l'écorce, sur le *gyrus angularis* droit (1). « A notre avis, écrit PITRES, la localisation dans le *pli courbe* d'un centre cortical du *rameau palpébral de la IIIe paire* ne doit pas être repoussée comme une hypothèse inacceptable. Mais elle n'est pas encore assez bien démontrée pour qu'on puisse l'admettre sans conteste » (2). Enfin, de son côté, FERRIER écrit : « Quoique le *ptosis* ait été décrit par GRASSET et par LANDOUZY comme l'effet de lésions du *gyrus angularis* chez l'homme, nous ne pouvons admettre aucun rapport causal de ce genre en présence de l'absence totale de ptose dans les cas de destruction expérimentale du gyrus angulaire chez les singes » (3).

Contre l'existence d'un centre moteur des mouvements conjugués des *yeux* et de la *tête* dans le *lobule pariétal inférieur*, admis par WERNICKE, voici ce que FLECHSIG vient d'écrire (4) : Il est exact que dans les lésions

(1) C.-A. HERTER. *Note of a case of softening of the right angular gyrus, with left-sided ptosis*. Journ. of nerv. and ment. disease, 1895, XX, 18.

(2) J.-M. CHARCOT et A. PITRES. *Les centres moteurs corticaux chez l'homme*. Paris, 1895, 151.

(3) D. FERRIER. *The Functions of the Brain*, 2e Ed., 1886, 465.

(4) *Die Localisation der geistigen Vorgängae*, insbesondere der Sinnesempfindungen des Menschen. Leipzig, 1896, 46 sq.

de cette région, en particulier dans les foyers de ramollissement *profonds,* on note fréquemment ici une déviation latérale des yeux et de la tête. En outre, on observe d'ordinaire, dans les extrémités et les muscles de la face du côté opposé, des phénomènes de paralysie, plus rarement des phénomènes d'irritation sous forme de convulsions : dans le premier cas, « les yeux regardent la lésion », dans le dernier ils s'en détournent. Pour WERNICKE, il s'agit bien ici, et il y insiste, d'un symptôme direct de lésion en foyer de l'écorce, non d'une action à distance. Ce qui empêche FLECHSIG de se rendre à la vérité de cette démonstration, ce sont d'abord des raisons *anatomiques* : les résultats de la méthode embryologique, aussi bien que ceux de la méthode de TÜRCK, établissent que le lobule pariétal inférieur « manque de faisceaux de projection, ou du moins n'est pourvu que très pauvrement de ces sortes de fibres. » Ajoutez que, précisément en cette région du cerveau passent deux faisceaux dont l'action sur les mouvements des yeux ne saurait guère être mise en doute : la radiation optique de GRATIOLET (*Sehstrahlung*) et le faisceau temporal cortico-protubérantiel de la sphère auditive (*Hörsphäre*). Or, aussi bien l'excitation de la sphère visuelle que de la sphère auditive détermine chez l'animal une déviation conjuguée des yeux. Les symptômes cliniques ne sont pas davantage de nature à faire admettre ici l'existence d'un « centre ». La déviation ne dure le plus souvent que quelques jours ; il devient dès lors superflu. Les mêmes phénomènes sont provoqués par les régions situées en avant des circonvolutions centrales, et presque toujours ils sont accompagnés de troubles s'étendant aux extrémités, « si bien qu'on est déjà par là incliné à croire à l'existence d'une action d'arrêt à distance. » C'est pour cette raison que, suivant FLECHSIG, très peu d'auteurs se sont ouvertement rangés à l'opinion de WERNICKE. Mais il y a encore une autre raison : dans la substance blanche du lobule pariétal inférieur (P_2), FLECHSIG signale un puissant faisceau, un « système d'association » évident, en rapport, par sa partie antérieure, avec la région sûrement motrice de la *tête* et des *yeux*.

Il y a donc beaucoup plus de motifs d'admettre qu'il s'agit d'un symptôme *indirect* de lésion en foyer. Il n'est donc plus nécessaire de chercher, dans le *gyrus angularis*, « un territoire spécial *optico-moteur* ».

Il existe toutefois, à proximité de la région dont il s'agit, un point de la convexité qui occupe une place à part dans l'évolution embryologique : il est situé, sur l'écorce, entre T_2 et O_2, qu'il associe et unit ; FLECHSIG l'appelle *gyrus subangularis* ; il est situé au-dessous du *gyrus angularis*. La myélinisation des fibres de ce territoire précède celle des régions voisines. Quoique quelques-unes de ces fibres pénètrent dans la radiation optique, il ne faut sans doute point les considérer comme constituant un faisceau de projection optique ou optico-moteur ; on les peut poursuivre en effet, pour

la plupart, dans le *tapetum* et dans le *corps calleux*. Or, pour Flechsig, le *tapetum* n'est pas un simple faisceau de fibres calleuses ; il contient aussi des « systèmes d'association » ; aussi est-il en partie conservé même lorsque le corps calleux fait complètement défaut ; enfin d'autres fibres issues du *gyrus subangularis* arrivent, dans le *tapetum*, en un point où de nombreux axones rayonnent de T_1 dans le *tapetum* : « nombreux sont les faisceaux qui, du *gyrus subangularis,* vont en arrière à la sphère visuelle, plus nombreux encore ceux qui, longeant la partie externe de la radiation optique, montent jusqu'à la région des circonvolutions centrales, en particulier jusqu'au tiers moyen de ces circonvolutions. Ces fibres traversent donc précisément les territoires de l'écorce dont la lésion a pour effet la déviation conjuguée des yeux signalée par Wernicke. » Flechsig ne peut voir, dans le *gyrus subangularis,* qu'un territoire cortical contractant des rapports d'association considérables, d'une part avec la *sphère visuelle,* d'autre part avec la *sphère tactile du corps (Körperfühlsphäre),* dans une moindre étendue avec la *sphère auditive*. De fibres de projection, il ne peut en exister là qu'en petit nombre, comme le montre l'observation pathologique, car dans les lésions superficielles en foyer du *gyrus subangularis,* ni le *thalamus*, ni la capsule interne ne présentent de dégénérations secondaires. Nouvelle preuve qu'il s'en faut bien que les sphères sensibles (*Sinnessphären*), les centres de projection, occupent toute la convexité des hémisphères : elles ne constituent qu'une partie de l'écorce du cerveau antérieur et nulle part n'arrivent en contact direct. C'est là le fait fondamental dont Flechsig s'est efforcé de tirer les conséquences pour sa division nouvelle des centres fonctionnels du manteau.

L'aire *frontale* dont l'excitation produit la déviation conjuguée des yeux (Ferrier, Horsley, Beevor, Mott) et de la tête, Pick l'a encore dissociée, dans le même sens que Schäfer et Mott pour les mouvements des *yeux,* pour les mouvements de la *tête* : par l'excitation du bord postérieur du centre frontal des yeux, là où cette aire confine à celles du facial et du bras, il a pu déterminer, outre des mouvements *latéraux* du côté opposé, des mouvements dirigés *en haut, en bas* et en dehors (*Beiträge zur Pathologie der Grosshirnrinde*. Prager Wochenschr., 1891). Les aires motrices de la *tête* et des *yeux* sont donc, sur le lobe *frontal,* aussi dissociables que celles de la *nuque* et du *tronc*. Pour Beevor et Horsley, le mouvement de la déviation conjuguée des yeux ne possède point dans l'écorce du lobe frontal de représentation bilatérale : l'un des deux globes oculaires est en effet, dans ce mouvement, tourné en dehors, l'autre en dedans, et les muscles qui concourent à cette action sont différents (droit externe, droit interne). En excitant les aires motrices des *yeux* et de la *tête,* ces auteurs n'ont jamais observé de mouvements du même côté que l'excitation,

mais uniquement du côté opposé : c'était donc bien des mouvements unilatéraux.

Entre tous les muscles de l'économie ce sont ceux du *tronc* dont les mouvements passent pour être le plus étroitement associés dans leur action symétrique. Dès 1870, Fritsch et Hitzig signalaient, sur la convexité du « gyrus préfrontal » du chien « les centres des muscles de la nuque ». Ils ajoutaient qu'ils n'avaient pas toujours réussi à mettre en mouvement les muscles de la nuque en excitant le point par eux circonscrit (Δ) (fig. 12). Quant aux muscles du *dos*, de la *queue* et de l'*abdomen*, ils disent expressément qu'ils en avaient provoqué la contraction en excitant des points situés entre ceux qu'ils ont marqués, mais sans pouvoir déterminer à leur satisfaction un point d'où chacun d'eux pût être isolément stimulé. Dans une leçon clinique, où Hitzig présentait l'observation d'un malade chez lequel, entre autres symptômes, les muscles du *cou* et de la *nuque (Nacken-Halsmuskulatur)* étaient intéressés, la tête du malade étant fortement inclinée en avant et légèrement à gauche, l'illustre savant montra aux auditeurs (c'était en 1892) deux figures du cerveau du singe dont l'une était empruntée à son livre, l'autre aux grands Mémoires récents d'Horsley et de Schäfer (fig. 11) : en avant des centres des extrémités et de la face apparaissaient ceux de la *tête* et de la *nuque*, tels qu'il les avait localisés tant d'années déjà auparavant. Hitzig avait dans le cas actuel diagnostiqué une tumeur du *lobe frontal* ; l'opération du malade confirma ce diagnostic (1).



Fig. 12.

Δ Muscles du cou, à la partie latérale du gyrus préfrontal.
+̇ Centre des extenseurs et des adducteurs du membre *antérieur*.
+ Centre des fléchisseurs et des rotateurs du même membre, un peu en arrière du centre précédent, sur le gyrus postfrontal.
Centre du membre *postérieur*, sur le gyrus postfrontal, mais plus rapproché de la ligne médiane.
○ Centre du facial.

Un autre cas clinique fait bien voir quel intérêt présente la localisation distincte des aires motrices de la nuque et du tronc, telles qu'elles ont été indiquées, après Hitzig, par Munk et par Wernicke. Un homme fut apporté dans le service de Fränkel, à la Charité, qui, sans présenter de paralysie ni de contracture des extrémités, avait la tête légèrement penchée à droite, les paupières incomplètement closes, une déviation des globes oculaires

---

(1) E. Hitzig, *Ein Beitrag zur Hirnchirurgie*. Klin. Vortrag gehalten am 4 mai 1892. Berl. klin. Wochensch., 1892, n° 29.

à droite et les pupilles très dilatées, la commissure gauche de la bouche abaissée : le principal symptôme était une raideur considérable, à peu près complète, de la *nuque*, ce qui fit même porter le diagnostic de méningite cérébro-spinale. A l'autopsie, pratiquée par GRAWITZ, une hémorragie en nappe s'étendait, dans l'hémisphère gauche, sur le pied de F_2 et sur la partie adjacente de F_3, immédiatement en avant de FA, circonvolution qui n'était pas intéressée ; de là l'hémorragie recouvrait, sur une étendue d'une pièce de cinq marks environ, la face interne de la pie-mère de ces circonvolutions. Des hémorragies récentes existaient encore sur différents points de l'écorce des deux hémisphères, ainsi que de petits foyers de ramollissement, un plus grand se trouvait dans la substance blanche de l'insula de REIL. Embolies dans les branches de la scissure de SYLVIUS, dont les rameaux principaux ne contenaient pas de sang. En résumé, il s'agissait d'une hémorragie en nappe dans des parties du *lobe frontal* gauche situées en avant de la circonvolution frontale ascendante (FA) et n'intéressent pas cette circonvolution (1). Le symptôme principal avait été jusqu'à la mort un degré de rigidité considérable des muscles de la *nuque*. Quelles parties des « centres cortico-musculaires », se demandait FRÄNKEL, sont en rapport avec l'innervation des muscles de la *nuque*? MUNK avait déterminé, chez le singe, sur le *lobe frontal*, en avant du *sulcus præcentralis*, le siège approximatif de la région de la *nuque* et de celle du *tronc*, et, quoique ses expériences fussent encore incomplètes, il avait pu constater, par le procédé des extirpations, que les mouvements de la *nuque* persistaient quand ceux du *dos* et des *régions lombaires* étaient abolis, et inversement, que la motilité volontaire des vertèbres de la nuque avait des centres d'innervation corticaux distincts de ceux des vertèbres dorsales et lombaires, et que la « région de la nuque » devait être localisée en arrière, immédiatement devant le *sulcus præcentralis*, « la région du tronc » plus en avant sur le *lobe frontal*. WERNICKE, se fondant en partie sur ces données, avait admis que, chez l'homme, l'aire de la nuque correspond à la région du lobe frontal immédiatement située en avant du tiers moyen de la circonvolution frontale ascendante (*Lehrbuch der Gehirnkrankheiten*, 277). C'était précisément cette région du *lobe frontal* qui, chez cet homme, avait été atteinte par l'hémorragie en nappe. On pouvait donc conclure d'une manière légitime, et sans forcer les faits, que dans le cas présent, le principal symptôme observé, celui de la rigidité de la nuque, dépendait directement du siège de l'hémorragie de la convexité du *lobe frontal*. Mais, écrit FRÄNKEL à la fin de son observation, l'hémorragie était unilatérale, limitée au *lobe frontal*, et pourtant la raideur de la nuque semblait égale des deux côtés. Ici encore, ce furent les expériences de la physiologie qui résolurent les doutes et les incertitudes de la clinique. Après une excitation unilatérale du centre des muscles de la *nuque*, HITZIG avait vu ceux-ci se contracter tantôt du côté correspondant, tantôt de l'autre avec une force inégale. C'est ainsi encore que, dans l'opinion la plus générale, l'excitation unilatérale de l'air motrice du *tronc* est suivie de contractions bilatérales, contrairement à ce qui arrive dans la stimulation des centres corticaux des extrémités et de la face.

MAX ROTHMANN a repris l'étude de la localisation du centre d'innervation des *muscles du tronc* dans la *sphère sensitive* (*Fühlsphäre*) de l'écorce cérébrale. Après une extirpation unilatérale du *cerveau frontal* en avant

---

(1) A. FRÄNKEL. *Casuistische Mittheilungen... Zur Lehre von der Hirnrindenlocalisation.* Charité-Annalen, 1886, XI, 190-5.

de la région de la nuque, MUNK avait constaté, chez le singe et le chien, l'absence de courbure de la colonne vertébrale du côté opposé : si le lobe frontal *gauche* a été enlevé, l'animal a perdu la faculté de contracter les muscles du tronc, grâce à laquelle il pouvait courber sa colonne vertébrale à droite, comme il continue à le faire à gauche. Si les deux lobes sont enlevés, la courbure du tronc est abolie des deux côtés et la colonne vertébrale présente une voussure anormale. Après l'ablation d'un lobe frontal, le singe ne peut plus volontairement courber la colonne vertébrale du côté opposé à la lésion ; après celle des deux lobes, il n'exécute plus les mouvements limités qu'il accomplit en se tournant, qu'en se servant, pour la rotation du tronc, de l'articulation de la hanche : tout mouvement volontaire de sa colonne vertébrale lui fait défaut. En outre, MUNK a réussi, par l'excitation électrique de la *face supérieure* ou *interne* du *lobe frontal,* à déterminer un mouvement d'extension ou de courbure latérale de la colonne vertébrale, d'abord du côté opposé à l'excitation, puis du même côté.

Au contraire, après l'ablation unilatérale ou bilatérale du *lobe frontal* du singe, HORSLEY et SCHÄFER n'ont pu observer aucune perte de fonction de la musculature du *tronc* (1888) (1) : l'extirpation d'un *gyrus marginalis* était suivie d'un *trouble* dans la courbure du tronc du côté opposé à la lésion cérébrale, et l'extrémité postérieure correspondante était paralysée ; l'ablation des deux *gyri* provoquait une *paralysie* de la musculature du tronc, une parésie des extrémités antérieures, une paralysie des membres postérieurs. L'excitation du *gyrus marginalis* avait pour effet de produire des mouvements de l'extrémité postérieure et des muscles du tronc du côté opposé. FERRIER, d'accord avec ces auteurs, niait tout rapport entre le cerveau frontal et la musculature du tronc ; il croyait que l'altération des mouvements du tronc observée par MUNK après l'ablation de cette région du cerveau pouvait être rapportée à une lésion, directe ou indirecte, des centres du tronc localisés dans les circonvolutions marginales.

UNVERRICHT situe au milieu des centres des extrémités antérieure et postérieure, sur la face externe du gyrus sigmoïde postérieur, le point de l'écorce dont l'excitation est suivie des contractions des *muscles du tronc* du *même côté*. La colonne vertébrale se courbe *du côté de l'hémisphère excité* : si des convulsions hémilatérales se produisent au cours de l'excitation, la colonne vertébrale se courbe d'une manière convexe sur la moitié du corps convulsé. Ce savant admet que les fibres qui innervent les muscles du tronc passent bien, avec les autres fibres des pyramides, dans l'entrecroisement pyramidal du côté opposé, mais pour repasser du *même côté* dans la moelle épinière (1890). KUSICK a donné à ces recherches de son maître une base plus large (1893) : ni par l'ablation, ni par l'excitation du lobe frontal il n'a constaté, chez le chien, un rapport quelconque entre ce lobe et la musculature du tronc, tandis que l'excitation du point signalé, par UNVERRICHT, sur le gyrus sigmoïde, déterminait constamment une forte courbure de la colonne vertébrale, concave du côté de l'hémisphère excité (2). L'ablation du gyrus sigmoïde tout entier était

(1) *A Record of Experiments upon the Functions of the cerebral Cortex*. Philosoph. Trans. of the R. Soc. of Lond., vol. 175, 1-45.

(2) JULIUS KUSICK, *Experimentelle Studien über die corticale Innervation der Rumpfmus-*

suivie, outre des troubles dans les extrémités opposées, de phénomènes de même nature dans la musculature du tronc du côté correspondant. En d'autres termes, les muscles du tronc étaient paralysés du côté homonyme de celui de la lésion corticale. UNVERRICHT et KUSICK crurent donc devoir admettre, pour rendre raison de leurs expériences, l'existence d'un *double entrecroisement des faisceaux d'innervation du tronc* : l'un dans l'entrecroisement pyramidal de la région bulbaire, l'*autre dans la substance grise de la moelle épinière*. WERNER fut du même sentiment que ces auteurs, quant à la localisation du centre du *tronc* chez le chien : il le situa, entre les centres des extrémités, en arrière de la scissure cruciale, sur le gyrus sigmoïde postérieur. Si ce centre n'avait été découvert que si tard, c'est que son excitation exige des courants beaucoup plus forts que celle des centres des extrémités, localisés dans la même région du cerveau. Il est souvent, dit-il, nécessaire de prolonger très longtemps l'action du courant pour exciter le « centre du tronc » (1). Quant au *lobe frontal* du chien, il ne semble renfermer aucun centre de cette nature (1895). Chez le chat, MANN croit avoir trouvé, dans un cas, en employant de forts courants, sur la convexité du *gyrus crucialis post.*, un centre d'innervation pour les extenseurs des vertèbres dorsales et lombaires et la musculature de l'omoplate du côté croisé (2). Enfin, contre tous ces auteurs, mais d'accord avec MUNK, GROSGLIK a nettement observé une *diminution de la sensibilité et de la motilité de la nuque et du tronc du côté opposé* après extirpation, chez le chien, d'un *lobe frontal*. En outre, il existait une légère parésie des extrémités croisées. Mais tous ces troubles disparaissaient progressivement dans l'espace de trois mois (1895).

Les expériences instituées par GROSGLICK, en partie confirmatives de celles de MUNK, sont en contradiction avec celles de GOLTZ et des physiologistes qui dénient toute influence aux lobes frontaux sur la musculature du tronc. Après une ouverture de trépan à 2 millimètres environ de la ligne médiane du crâne, derrière la bosse frontale, chez des chiens morphinisés, GROSGLICK enleva, avec une cuiller tranchante, successivement l'un après l'autre, à plusieurs mois de distance, les deux lobes frontaux. Il n'a pas fait d'ablation simultanée de ces deux lobes. Après la première opération, le chien voit et entend comme un chien normal. Il ne se distingue pas davantage par l'intelligence ou le caractère d'un chien qui a

---

kulatur. Ges. Abhandl. aus der med. Klinik zu Dorpat. hggb. v. Prof. H. UNVERRICHT. Wiesbaden, 1893. Voici les conclusions de ce travail : 1° contrairement aux observations de MUNK, les *lobes frontaux* ne se trouvent dans aucun rapport avec les mouvements du *tronc* ; 2° le centre cortical du tronc (Rumpfcentrum) est toujours localisé entre les centres des extrémités (HITZIG, UNVERRICHT) ; 3° par l'effet de l'excitation de ce centre, les muscles du tronc se contractent constamment du même côté (UNVERRICHT) ; 4° ainsi que l'établissent les expériences d'hémisection de la moelle épinière, les voies nerveuses allant aux muscles du tronc passent dans la moitié opposée de la moelle : il doit, par conséquent, exister un double entrecroisement de ces faisceaux ; 5° après l'extirpation du centre cortical du tronc, la ***restitutio ad integrum*** semble être la règle.

(1) H. WERNER (Iéna). *Ueber elektrische Reizversuche in der Rumpf-und Nackenregion des Grosshirns beim Hunde*. Allg. Zeitschr. f. Psych., vol. 52, 134. Pour la musculature de la *nuque*, WERNER isole deux centres chez le chien : l'un dans le *lobe frontal* en avant de la scissure présylvienne (*centre frontal de la nuque*), le second dans le *lobe pariétal* sur l'extrémité latérale du gyrus sigmoïde postérieur (centre pariétal de la nuque). L'excitation de l'un ou de l'autre centre est suivie d'une rotation du museau du côté de l'excitation. Le centre de la musculature du *tronc* commande aux muscles du même côté.

(2) GUSTAV MANN. *On the homoplasty of the brain of rodents, insectivores and carnivores*. Journ. of anat. and physiol., vol. XXX, 1895.

subi l'extirpation de la zone motrice, une simple trépanation ou une résection de la dure-mère. Sur les extrémités opposées à la lésion (sur les extrémités antérieures surtout), troubles de la sensibilité tactile, musculaire, douloureuse ; parésie ; pour les mouvements volontaires, l'animal se sert de préférence des extrémités correspondantes au côté de la lésion. Ces troubles sont d'ailleurs d'une durée et d'une intensité bien moindres que ceux qui résultent des ablations, même peu étendues, de la zone motrice. On constate une *hypesthésie* de la moitié opposée de la *nuque* et du *tronc* ainsi qu'une *parésie* des muscles de la *tête* et de la moitié antérieure du *tronc* du côté opposé à la lésion ; la courbure de la colonne vertébrale a sa convexité du côté du traumatisme. Tous ces troubles s'amendent peu à peu, d'abord ceux de la sensibilité, ensuite ceux de la motilité des membres : les phénomènes de parésie de la colonne vertébrale sont les plus persistants. Ils rétrocèdent pourtant complètement à leur tour, de sorte qu'après deux à trois mois le chien ne se distingue plus d'un animal sain. Après l'ablation du deuxième lobe frontal, on ne décèle encore ni troubles de la vision, de l'audition ou de l'intelligence chez l'animal qui a déjà surmonté tous les effets de la première opération. L'hypesthésie se montre de nouveau du côté opposé au lobe frontal enlevé en dernier lieu ; des troubles de motilité apparaissent également de ce côté sur les membres, sur la *nuque* et sur le *tronc*. Ces troubles se dissipent dans le même temps et dans le même ordre que pour la première opération. « Les phénomènes de parésie et d'hypesthésie, écrit Grosglick, consécutifs à l'ablation des lobes frontaux, sont de tous points analogues à ceux qui se manifestent après les lésions des zones motrices. Quelques différences essentielles existent toutefois : 1° Les troubles n'ont point dans les deux cas la même netteté ni la même intensité. Des lésions, même relativement petites, de la zone motrice sont capables, du moins immédiatement après l'opération, de déterminer une anesthésie et une analgésie complètes des extrémités et d'abaisser la sensibilité à peu près à o : il est alors possible d'enfoncer presque toute une aiguille dans la peau sans provoquer aucun signe de douleur. La parésie est de même parfois si profonde que l'animal est hors d'état de marcher, de se tenir debout, encore moins de se servir de ses pattes antérieures en manière de mains ; 2° l'ablation de la zone motrice proprement dite n'entraîne aucune parésie de la musculature du tronc et de la nuque ; 3° la durée pendant laquelle persistent les phénomènes dans l'une et l'autre opération n'est pas la même ». Les phénomènes de déficit persistent toujours, à quelque degré, après les lésions destructives de la zone motrice ; après l'ablation des lobes frontaux, ils disparaissent bientôt sans laisser de traces (1).

Quant aux fonctions de l'intelligence, de la mémoire, de l'adresse, etc., « le chien sans lobes frontaux ne se peut distinguer d'un chien tout à fait normal ou qui a subi l'ablation d'autres parties du cerveau. » L'hypothèse de Ferrier, relative à la perte des centres d'arrêt de l'attention, après la destruction des lobes frontaux, ne recevrait non plus aucun appui de ces expériences. Grosglick se demande d'ailleurs assez judicieusement si cette faculté d'arrêt qu'on nomme l'attention implique, parce qu'elle existe, l'existence de centres spéciaux dans le cerveau. Ferrier n'en a point administré la preuve. Qu'est-ce qu'un organe d'arrêt ou d'inhibition ? On n'en

(1) A. Grosglick. *Zur Physiologie der Stirnlappen.* Arch. f. Anat. u. Phys., 1895, 98-129. (Travail du laboratoire du prof. S. M. Lukjanow.)

connait pas, à proprement parler. L'arrêt résulte de la neutralisation, de l'interférence de plusieurs excitations simultanées, siégeant dans différents territoires de l'écorce, qui, isolées, détermineraient des réactions qui n'ont pas lieu, du fait de ce conflit et de cette opposition de forces antagonistes. De pareils processus, selon Grosglick, n'ont pas besoin d'organes spéciaux. Une critique plus déliée, moins sommaire surtout, est celle-ci : Comment Ferrier peut-il admettre, après avoir tant insisté sur le rôle fondamental de l'attention, qu'un singe qui a perdu cette faculté, par l'ablation des lobes frontaux, conserve pourtant son intelligence ? Grosglick se défend cependant de rejeter par-dessus bord toutes les idées de Hitzig et de Ferrier sur les fonctions du lobe frontal. « J'incline même,

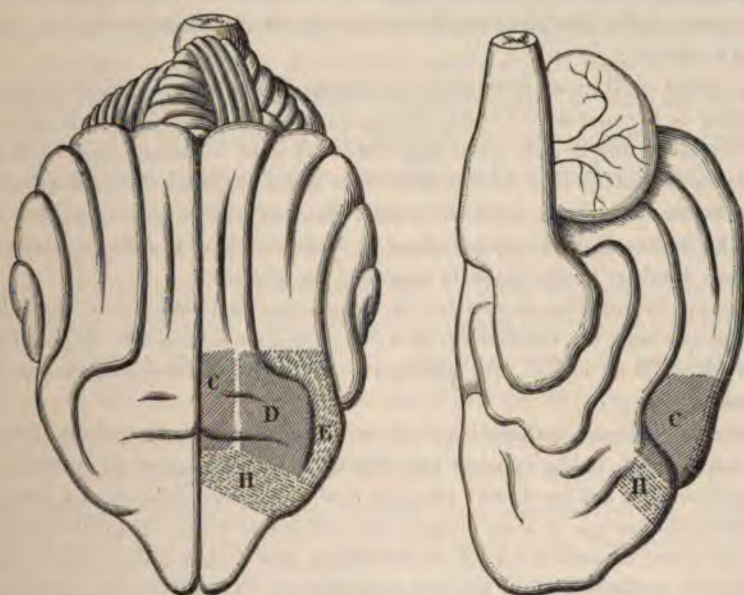


Fig. 13-14. — Aires corticales de la sphère sensitive du corps. Écorce de la face externe et interne du cerveau du chien. — *C*, région des extrémités inférieures. — *D*, région des extrémités supérieures. — *E*, région de la tête. — *H*, région de la nuque (Munk).

dit-il, à tenir avec Hitzig pour invraisemblable que l'immense masse de substance cérébrale constituant le lobe frontal de l'homme doive presque uniquement servir à des fonctions aussi simples que les mouvements de la colonne vertébrale. » Ses objections tendent seulement à établir que la doctrine qui situe dans les lobes frontaux le siège de l'activité psychique supérieure ne repose encore sur aucune démonstration expérimentale.

L'ablation successive des *lobes frontaux* entraîne, chez le chien, deux ordres de phénomènes : l'un a trait aux extrémités du côté opposé à la lésion, l'autre à la moitié, également opposée, du *tronc*. Quoique ces troubles apparaissent simultanément, les premiers doivent très vraisemblablement être tenus pour accessoires, pour des phénomènes d'accompagnement

du traumatisme opératoire, et cela non pas seulement parce qu'ils disparaissent plus vite et plus complètement, mais parce qu'il y a bien des raisons pour qu'ils soient l'effet de lésions inévitables de territoires voisins. Non seulement les lésions destructives, mais la plus légère irritation des *gyri prae et postcruciati*, centres des extrémités, suffisent pour provoquer le tableau classique de la parésie et de l'hypesthésie des membres opposés, surtout des membres antérieurs pour un temps et avec une intensité déterminés. L'extirpation du lobe frontal doit donc exercer au moins une sorte de shock sur les fonctions des circonvolutions sigmoïdes et même y provoquer des phénomènes inflammatoires. Mais les troubles propres de la *nuque* et du *tronc* ne sont pas seulement plus durables : jamais Grosglick, contrairement à Kusick, ne les a vus suivre les mutilations de la zone motrice du *sulcus cruciatus*. Il croit donc devoir localiser dans les lobes frontaux les centres fonctionnels de la sensibilité et de la motilité volontaire de la *nuque* et du *tronc* du côté opposé du corps, ou des mouvements latéraux de la *colonne vertébrale*.

Voici maintenant les deux points sur lesquels les résultats des expériences de Grosglick, d'accord pour l'ensemble des faits avec la doctrine de Munk, diffèrent de ceux du célèbre physiologiste de Berlin :

1° Munk admet qu'il existe deux centres corticaux distincts et séparés de la *nuque* et du *tronc*. Il localise le premier dans l'écorce du *gyrus praecruciatus* (région H) (fig. 13-14). D'après Grosglick, la nuque et le tronc sont entre eux dans le même rapport que les extrémités antérieures et postérieures. Les troubles de la *nuque* apparaissent et disparaissent non seulement en même temps que ceux du *tronc* : ils peuvent être beaucoup plus intenses, surtout dans les jours qui suivent l'opération. Il considère donc le *lobe frontal* comme le centre commun des deux territoires de la *nuque* et du *tronc*.

2° Encore que les troubles de motilité de la colonne vertébrale aient duré beaucoup plus longtemps que ceux des extrémités, ils n'ont jamais eu le caractère de persistance que leur attribue Munk. Il ne saurait être question d'une paralysie corticale, au sens de Munk (*Rindenlähmung*).

Mais comment expliquer la disparition au moins apparente des troubles de sensibilité et de motilité consécutifs à l'ablation d'un lobe frontal ? Quelles parties du cerveau prennent part à ce rétablissement des fonctions ? On peut dire que chaque lobe frontal est capable de suppléer l'autre lobe ou que la zone motrice du même côté peut s'acquitter de cette suppléance. La première hypothèse est en contradiction avec le fait qu'un chien, rétabli des effets de l'ablation unilatérale d'un lobe frontal, présente, après l'ablation du second lobe, les mêmes troubles du côté opposé. Puis, alors même qu'on admettrait que les deux lobes frontaux se puissent suppléer, il faudrait encore expliquer la complète disparition de ces symptômes après l'ablation bilatérale de ces organes. La seconde hypothèse, celle d'une suppléance des fonctions des lobes frontaux extirpés par la zone motrice, doit donc être vraie, selon Grosglick. *En réalité*, dit-il, *la destruction d'un territoire moteur déterminé de l'écorce cérébrale n'équivaut jamais à la perte des images ou représentations mentales de ce centre*. Au sentiment de D. Ferrier, en effet, ce qui est aboli par la destruction des centres moteurs corticaux, c'est l'aptitude à exécuter certains mouvements, ce ne sont jamais les images ou représentations qui correspondent à ces mouvements (1). Un chien dont les centres moteurs du *pallium* ont été détruits, possède une représentation mentale très claire des mouvements qu'il voudrait pouvoir réaliser pour présenter la patte,

---

(1) D. Ferrier. *The Croonian Lectures*. Leç. VI. Cf. Nothnagel. *Ueber die Localisation der Gehirnkrankheiten*. Wiesb., 1887, p. 22.

par exemple : seulement il n'y saurait parvenir : ses efforts sont vains. Lorsqu'il y parvient, beaucoup plus tard, ce n'est plus au moyen d'un mouvement isolé, mais à l'aide d'un mouvement associé de l'extrémité parésiée, qui accompagne et suit en réalité le mouvement volontaire du membre intact (H. Munk). De même, l'hémiplégique dont l'affection est due à une embolie de l'artère sylvienne, s'avoue qu'il est incapable d'exécuter certains mouvements, mais affirme qu'il possède de ces mouvements une représentation très nette.

Toute cette exégèse des expériences d'ablation des lobes frontaux nous paraît d'une psychologie physiologique des plus acceptables. Mais pourquoi Grosglick ajoute-t-il : « Comme, *malgré la destruction des lobes frontaux, les voies nerveuses qui vont de ces lobes à la musculature* de la *nuque* et du *tronc* sont conservées, il faut supposer que les *impulsions nées dans les centres moteurs* proprement dits, et passant immédiatement dans les faisceaux sous-jacents, peuvent changer leur direction dans leur trajet ultérieur et se propager aux fibres du lobe frontal extirpé » (p. 126). Même en admettant la possibilité de pareilles « anastomoses », comme s'exprime l'auteur, même dans l'hypothèse d'une pareille transmission des incitations parties des *gyrus sigmoïdes* aux faisceaux des lobes frontaux extirpés, sans doute par le canal des collatérales, encore faudrait-il que ces faisceaux n'eussent pas dégénéré du fait de la destruction de leurs cellules d'origine dans le lobe frontal. Le contact des collatérales du faisceau pyramidal ne pourrait d'ailleurs être efficace que s'il s'exerçait sur les ramifications dendritiques de neurones de quelque station intercalaire du faisceau qui, de l'écorce, innerve les muscles de la nuque et du tronc. N'insistons pas. Aussi bien, Grosglick déclare ne pas vouloir étendre cette hypothèse à d'autres centres qu'à ceux des lobes frontaux. Il ne saurait soutenir qu'après l'ablation d'un centre des extrémités la suppléance pourrait avoir lieu, ainsi que le pensaient Carville et Duret (1875), par le reste de l'écorce du même côté épargné par le traumatisme. Il admet au contraire la possibilité, relativement aux extrémités, d'une suppléance de l'hémisphère opposé : « Toute lésion, même considérable, de la zone motrice proprement dite, peut être compensée aussi bien par la zone symétrique des centres opposés que par les centres conservés du côté correspondant. » Voici une observation à l'appui. Chez un chien qui avait subi des lésions destructives de l'aire du *sulcus cruciatus*, les phénomènes de déficit causés par ces lésions, quoique entièrement disparus en apparence jusqu'à la moindre trace, ont reparu après chaque ablation d'un lobe frontal, « preuve que la fonction vicariante de chaque zone motrice fut chaque fois troublée par l'opération ». Il en va autrement pour la suppléance des fonctions des lobes frontaux ; « entre ces fonctions et celles des extrémités une différence considérable paraît exister, différence encore inexpliquée, mais qui ressort clairement de nos expériences ».

Encore une question de physiologie. Si les troubles consécutifs à l'extirpation du lobe frontal se peuvent compenser au point de disparaître, comme le croit Grosglick, sur ce point en désaccord avec H. Munk, est-on justifié à localiser dans ces lobes les centres (le centre *commun* suivant Grosglick) de la *nuque* et du *tronc* ? L'absence de tout phénomène de déficit (*Ausfallserscheinungen*) après la destruction d'un centre nerveux n'est-elle pas chose contradictoire de l'idée même de centre fonctionnel, au sens anatomique et physiologique du mot ? Grosglick répond que, pour la théorie des localisations, il suffit que la destruction d'un territoire déterminé de l'écorce soit invariablement suivie de troubles définis, de troubles propres à ce centre et qui n'apparaissent pas après la destruction d'autres centres. Les troubles définis et propres de la sensibilité et de la motilité volontaire de la nuque et du tronc après l'extirpation du lobe frontal nous donnent le droit de localiser dans ce lobe le centre physiologique de la nuque et du tronc. Tout territoire cortical du cerveau affecté à une fonction renferme les éléments nerveux suffisants, voire indispensables, quand le système nerveux est intact, à la *perception* d'un groupe déterminé de sensations et à la production d'un groupe correspondant de *mouvements* volontaires. Voilà tout ce que renferme, selon Grosglick, l'idée de localisation. Cette conception des localisations fonctionnelles n'exclut nullement le principe de la suppléance : ce principe au contraire la complète. Ceux qui repoussent ce principe ne nient pas la compensation fonctionnelle des troubles qui succèdent aux lésions destructives des centres corticaux. Seulement, pour l'expliquer, ils invoquent, avec Ferrier ou avec Luciani, l'activité vicariante des ganglions sous-corticaux. Sans exclure absolument cette dernière hypothèse, « hypothèse superflue », Grosglick estime plus naturel d'expliquer, en cas de destruction *totale* unilatérale d'une aire corticale, la compensation des troubles consécutifs (*Ausgleichung der Störungen*) par l'activité suppléante de la zone symétrique de l'hémisphère opposé et des territoires demeurés indemnes de l'hémisphère correspondant.

Quelque divisés que soient les physiologistes touchant ce qu'on doit entendre par localisations fonctionnelles, tous tombent d'accord aujourd'hui que, contrairement à la doctrine de Flourens, à la doctrine de l'homogénéité fonctionnelle de l'écorce cérébrale, la faculté de compensation (*Compensationsfähigkeit*) de ce centre nerveux, ou mieux de cette fédération de centres nerveux, a des limites : les phénomènes de déficit sont précisément l'expression de ces limites et comme la démonstration de l'hétérogénéité fonctionnelle des centres nerveux. Parmi les phénomènes qui succèdent à la destruction d'une aire corticale, les uns disparaissent, les autres persistent. En conclura-t-on que les premiers n'avaient rien de

commun avec les fonctions du centre détruit? Non; car, même lorsque tous les troubles ainsi provoqués s'amendent et disparaissent, comme ce serait le cas, suivant GROSGLICK, après l'ablation du lobe frontal, on ne saurait soutenir que ces troubles transitoires n'avaient aucun rapport avec le centre considéré. Mais, si les symptômes permanents de déficit obligent d'admettre qu'il est des troubles non susceptibles de compensation, l'observation établit qu'il en est d'autres qui le sont ou le peuvent devenir. Ici encore GROSGLICK tempère et modère de lui-même ce que l'expression de sa pensée doctrinale pourrait avoir de trop général. Les limites de la suppléance ne lui semblent pas aussi étendues qu'à GOLTZ; il le déclare tout net; il a observé des troubles *moteurs* permanents même après des lésions relativement minimes de la zone motrice : « L'existence des symptômes de déficit dépend sans doute moins de l'*étendue* de la lésion que de la *qualité* ou de la nature du territoire lésé. » Peut-être pourrait-on expliquer ainsi, selon lui, pourquoi « les effets de l'extirpation des lobes frontaux *disparaissent tôt ou tard* sans laisser de trace, tandis qu'une lésion beaucoup moins grave de l'aire corticale du *sulcus cruciatus* détermine des *troubles durables* (1). »

La question de la localisation des centres corticaux de la *nuque* et du *tronc* dans le lobe frontal en était arrivée à ce point critique, lorsque ROTHMANN ayant eu à sa disposition, pour son travail *Sur la Dégénération des voies des pyramides après extirpation unilatérale des centres des extrémités* (1896), un assez grand nombre de chiens qui avaient subi l'*ablation unilatérale des gyrus sigmoïdes,* entreprit de vérifier s'il existait en réalité,

(1) M. le prof. MUNK nous a fait naguère l'honneur de nous écrire qu'il n'avait rien à changer pour le fond à son Mémoire sur le *lobe frontal*. Ce lobe fait partie de la *Fühlsphäre*, de celle du cou, de la nuque et du tronc. Toutefois, la *sphère sensitive du tronc* n'est pas seulement celle de la colonne vertébrale, mais du *tronc tout entier*. « HORSLEY et SCHÄFER, en croyant avoir trouvé que la colonne vertébrale était représentée entre la région du bras et celle de la jambe, sur la face interne des hémisphères (*gyrus marginalis*), ont commis une erreur fort grave. » Ainsi, ce n'est pas seulement la *colonne vertébrale*, mais la musculature du *thorax* et de *l'abdomen* qui dépendent du *lobe frontal* pour les mouvements volontaires comme pour les mouvements cortico-réflexes. Et si, en même temps qu'à l'attitude verticale, le lobe frontal est le siège qui préside aux mouvements du langage, du chant, etc., il n'y a plus de raison d'être surpris de l'étendue de ce lobe chez les mammifères supérieurs. « J'estime, d'ailleurs, que les sensations provenant des *viscères du tronc*, tant celles qui demeurent au-dessous du seuil de la conscience que celles qui le dépassent et deviennent conscientes, ont lieu dans le *lobe frontal*. Mais je ne puis assurément en administrer la preuve. Les animaux nous renseignent trop mal à cet égard. Tout ce que je puis dire, en faveur de cette manière de voir, c'est que *notre corps tout entier est représenté dans le cerveau*, et que les observations faites sur les autres parties du cerveau n'ont nullement fait connaître le lieu de ces sensations. » .

Les nouvelles recherches de MUNK ne lui ont fourni aucun indice permettant de considérer l'*intelligence* comme une fonction *spéciale* du lobe frontal. Il appelle les *geistige Centren* de FLECHSIG un *Gedankenspiel*, sans doute par un autre *jeu* de mots.

chez ces animaux, un rapport entre les centres corticaux des extrémités et la musculature du tronc. Il répéta les expériences de Unverricht et de Kusick : elles semblèrent bien d'abord favoriser l'opinion que l'extirpation des *centres des extrémités* d'un côté déterminait une inhibition fonctionnelle des muscles du tronc du côté correspondant, sans altérer ces mêmes fonctions du côté opposé à la lésion. Mais une observation plus attentive des faits montra que la musculature du tronc était « complètement intacte ». Si l'interprétation que Rothmann a donnée de ces faits est exacte, il n'existe aucun centre cortical des mouvements du tronc dans les régions centrales des extrémités, l'extirpation de ce territoire tout entier, sur un hémisphère, telle qu'elle avait été réalisée sur les chiens dont disposait Rothmann, n'apportant aucun trouble dans l'innervation des muscles du tronc. A son tour, Rothmann institua une série d'expériences d'excitation faradique de la région des extrémités sur un certain nombre de chiens et de chats, afin de soumettre à une contre-épreuve les résultats opposés de Unverricht, de Kusick, de Werner et de Mann Voici, résumé, le protocole de la première de ces expériences :

Chien loup, petit, brun. Narcose (morphine et éther). La *région gauche des extrémités* est mise à nu comme d'ordinaire ; après division de la peau du dos, les *muscles du tronc* sont préparés sur la plus grande étendue possible. L'excitation d'aucun point des centres des extrémités ne détermina une contraction primaire, isolée, de la musculature du tronc, et cela en dépit de l'application des plus forts courants. En excitant la partie indiquée par Unverricht et Kusick du bord externe du *gyrus sigmoïdeus post.*, il se produit une courbure de la colonne vertébrale du tronc avec concavité du côté correspondant. Mais cette courbure n'avait toujours lieu que *secondairement* et seulement après avoir été précédée de la flexion du membre postérieur droit à l'articulation de la hanche. En outre, dans la musculature du tronc mise à nu, il n'y avait point trace d'une contraction, tandis qu'il était loisible de constater une tension intense des muscles de la hanche du côté droit. Si l'on maintient fermement en extension le membre postérieur droit, de manière à empêcher ainsi la contracture de flexion pendant l'excitation du point correspondant de l'écorce cérébrale, la courbure concave de la colonne vertébrale du dos, à gauche, a lieu beaucoup plus nettement et est accompagnée, à droite, d'une courbure concave des parties supérieures de la colonne vertébrale. Si l'application de courants plus forts détermine enfin des mouvements cloniques dans le membre postérieur droit, on peut voir apparaître la courbure de la colonne vertébrale à chaque contraction nouvelle des muscles de cette extrémité (1).

Ainsi, la courbure concave de la colonne vertébrale de la région lombaire gauche, c'est-à-dire du côté excité, a toujours été consécutive à une forte flexion du membre postérieur droit sur l'articulation de la hanche, sans qu'il ait été possible d'observer une contraction active de la musculature du tronc. Le muscle particulièrement actif dans ce mouvement

(1) Max Rothmann (Berlin). *Ueber das Rumpfmuskelcentrum in der Fühlsphäre der Gross hirnrinde*. Neurol. Centralbl., 1896, 1105-1116.

de flexion est le grand psoas, muscle qui s'attache en haut aux apophyses transverses des premières vertèbres lombaires, à leur corps, et à celui de la dernière dorsale, en bas, au sommet du petit trochanter, et dont la contraction détermine une rotation en dedans et une flexion de la cuisse ; si celle-ci est fléchie au maximum, la fonction du *psoas major* est à ce point modifiée, du fait de l'excitation intense qu'il subit, que le petit trochanter sert de point d'appui et que le psoas déploie toute sa puissance de traction sur les vertèbres auxquelles il est inséré : *les premières vertèbres lombaires et la dernière vertèbre dorsale étant donc violemment tirées à droite, il se produit une courbure concave de tout le segment inférieur de la colonne vertébrale à gauche,* à laquelle se peut associer une courbure compensatrice de la partie supérieure de la colonne vertébrale à droite. Rothmann a trouvé qu'il existe également un étroit rapport entre la courbure de la région *cervicale* et *dorsale supérieure* de la colonne vertébrale et les contractions, du côté opposé, des muscles de l'omoplate et du membre antérieur, sous l'influence de l'excitation d'une zone située dans la *partie antérieure du gyrus sigmoïde* du côté homonyme à celui où se produisait la courbure.

Si la courbure de la colonne vertébrale qui suit l'excitation du gyrus sigmoïde postérieur résulte simplement de la contraction des muscles de la *hanche,* sans que les muscles du tronc y prennent aucune part, on doit pouvoir empêcher la production de cette courbure, non seulement par une hémisection, à droite, de la moelle épinière, dans la région cervicale et à l'extrémité supérieure de la région dorsale (Kusick), mais aussi au point de passage de la moelle dorsale à la moelle lombaire. Quel que soit, en effet, le point où la moitié droite de la moelle épinière soit sectionnée, la voie suivie par le faisceau corticospinal de l'écorce de l'hémisphère cérébral gauche aux cellules motrices radiculaires du membre postérieur droit n'en sera pas moins interrompue, et devra rendre impossible la courbure de la colonne vertébrale après l'excitation du gyrus sigmoïde postérieur gauche. C'est ce qu'établit la seconde expérience de Rothmann : comme la première, elle démontre que, dans les expériences des auteurs cités, *la courbure de la colonne vertébrale dépendait de la contraction des muscles soit de la hanche, soit de l'épaule, et que les muscles du tronc ne prennent aucune part à cette courbure.* Les expériences suivantes rendent toujours plus manifeste que, chez le chien, *il n'existe point de rapports entre la région corticale des extrémités et la musculature du tronc.* Les résultats des cinq expériences pratiquées sur des chats, par Rothmann, peuvent se résumer ainsi : l'excitation d'aucun point des circonvolutions centrales ne détermina de contraction active, isolée, de la musculature du dos. La courbure observée (cas 2, 3 et 5) de la colonne vertébrale dorsale et lombaire a toujours résulté d'une flexion du membre postérieur sur l'articulation de la hanche avec violente contraction du muscle iléo-psoas. A cet égard ces expériences concordent avec celles instituées sur le chien. Le point dont l'excitation entraîne, chez le chat, la courbure de la colonne vertébrale, est situé vers le milieu du *gyrus centralis post.,* tout près du *sulcus centralis.* Rothmann n'a jamais pu réussir à provoquer une contraction des muscles du tronc ou une courbure de la colonne vertébrale par l'excitation du point du gyrus central postérieur dont Mann dit avoir obtenu une contraction des extenseurs des vertèbres dorsales et lombaires. Ainsi, chez le chat comme chez le chien, la musculature du dos ne prend aucune part à cette courbure de la colonne vertébrale qui suit l'excitation des centres corticaux des extrémités.

D'où ces deux conclusions auxquelles est arrivé Rothmann : « 1° la région des extrémités, localisée sur l'écorce cérébrale dans les *circonvolutions centrales,* n'a *aucun rapport* avec la musculature du *tronc* ; 2° les

courbures de la colonne vertébrale observées consécutivement à l'excitation électrique de ces régions sont toujours provoquées, secondairement, par la forte contraction du muscle iléo-psoas ou de la musculature de l'omoplate sans la moindre participation des muscles du dos. » Ce physiologiste ajoute que les fibres homolatérales de la voie du faisceau latéral des pyramides, qui subiraient dans la substance grise de la moelle dorsale un second entrecroisement, fibres reliant, selon Unverricht, les centres des extrémités aux centres spinaux de la musculature du tronc, n'existent pas chez le chien.

Quant aux rapports du *lobe frontal* avec la fonction de l'innervation des muscles du tronc, Rothmann a eu à sa disposition pour élucider ce problème quatre chiens auxquels Munk avait enlevé le lobe frontal gauche. De deux de ces animaux, chez lesquels l'opération avait été complète, l'un se tournait, en courant, plus volontiers à gauche, observation déjà consignée par Munk, l'autre à droite. Rothmann estime que, chez ces chiens, il existait des phénomènes de déficit dans l'innervation musculaire du tronc du *côté opposé* à la lésion. Qu'une connexion directe dût exister entre le lobe frontal (*Stirnhirn*) et les centres spinaux des muscles croisés du *dos*, c'est ce qu'on pouvait croire avec toute apparence de raison ; l'examen microscopique, avec la méthode de Marchi, a pourtant contredit cette supposition : « Dans les cas simples ou purs d'*ablation unilatérale du lobe frontal*, chez des animaux demeurés en vie trois semaines après l'opération, je n'ai pu, écrit Rothmann, déceler aucune trace de dégénération, ni dans la *moelle épinière*, ni dans l'*entrecroisement des pyramides*, ni dans la *moelle allongée*, alors que, dans le territoire des centres corticaux de la région des extrémités, on peut suivre sûrement, *en arrière et en bas, une dégénération à partir du lobe frontal*. S'il existe donc des connexions entre la région frontale et les muscles du *tronc*, elles doivent être interrompues par quelques *noyaux gris* du mésocéphale (*Mittelhirn*) ; la découverte de ces cellules devra être l'objet des investigations futures. » En clinique, les hémiplégies récentes, où le repos le plus grand est prescrit, se prêtent naturellement peu à l'observation des lésions de la motilité du tronc ; chez les anciens hémiplégiques, les contractures ne permettent plus de constater nettement des symptômes de ce genre. Rothmann attire l'attention des cliniciens sur l'état de la musculature du tronc dans les tumeurs des circonvolutions rolandiques ou dans celles du lobe frontal : « Il n'est pas invraisemblable de rapporter la démarche chancelante d'un côté observée dans les cas de tumeur du lobe frontal, démarche qui rappelle les troubles de l'équilibre dans les affections du cervelet, à des altérations fonctionnelles de la musculature du tronc. »

Quelle que soit donc l'opinion commune, mais non générale, on le voit, parmi les physiologistes et les cliniciens touchant la *bilatéralité fonctionnelle des aires motrices du tronc*, les expériences de Beevor et Horsley ont établi que « rien n'est plus contraire aux faits » : « Nous n'avons jamais vu, disent les auteurs, un mouvement des deux droits ou des deux obliques de l'abdomen suivre l'excitation, dans la capsule interne, des fibres d'innervation des muscles du *tronc*, quoique nous ayons vu invariablement des mouvements limités aux muscles du côté opposé. L'observation cli-

nique nous a montré la même chose, et nous croyons que les affirmations opposées reposent sur des examens imparfaits ». SCHÄFER a confirmé cette manière de voir, et HORSLEY l'a vérifiée de nouveau en excitant l'aire motrice du *tronc* sur la circonvolution marginale : la représentation corticale du *tronc* est unilatérale.

Les mouvements des muscles de la *langue* ne sont pas plus bilatéraux que ceux des *yeux,* de la *tête* ou du *tronc.*

Dans une seconde classe, BEEVOR et HORSLEY ont rangé, sous le chef de mouvements bilatéraux imparfaits, ceux de l'ouverture et de l'occlusion des paupières, de la rétraction de l'angle de la bouche et de l'avancement des lèvres. Il n'existe de mouvements vraiment bilatéraux, et par conséquent d'aires motrices corticales où ces mouvements soient représentés, que ceux de la mastication, de la déglutition (voile du palais), d'un mouvement particulier des lèvres décrit par les auteurs anglais et de l'adduction des cordes vocales du larynx (KRAUSE, chez le chien ; SEMON et HORSLEY, chez le singe).

L'arrangement des fibres dans la capsule interne reproduit celui des centres de l'écorce cérébrale qui, en réalité, n'est qu' « une projection des métamères du corps ». C'est là une vue générale dont l'exactitude résulte d'une analyse des représentations des membres et des segments des membres à la fois dans l'écorce et dans la capsule interne. Ainsi, dans la capsule interne comme sur la circonvolution marginale, la région du tronc occuperait une situation intermédiaire entre les conducteurs et les aires motrices du bras et de la jambe. Dans la capsule interne de l'orang-outang, étudiée par BEEVOR et HORSLEY, les mouvements provoqués par l'excitation des fibres capsulaires étaient aussi distincts et différenciés que ceux de l'écorce : tout en avant le faisceau des *yeux* et de la *tête,* puis ceux de la langue et de la bouche, de l'épaule, du coude, du poignet, des doigts, enfin ceux du *tronc,* de la hanche et du membre inférieur. L'aire de représentation des mouvements conjugués des yeux et des paupières s'étend aussi, chez l'orang, sur le *lobe frontal* en avant du *sulcus praecentralis.* Pour les deux membres supérieur et inférieur, c'est toujours aussi, dans la capsule comme sur le cortex, l'articulation la plus puissante, la hanche, l'épaule, qui est en avant, la plus petite, les articulations plus délicates, plus différenciées, le gros et les petits orteils, les doigts et le pouce, le plus à l'arrière. Les *mouvements d'extension* des doigts, moins spécialisés, sont représentés aussi dans la capsule interne en avant des *mouvements de flexion,* plus différenciés, des mêmes articulations. Dès 1870, ces dispositions générales avaient été observées sur l'écorce, ainsi qu'on le peut voir sur le premier schéma des localisations fonctionnelles du cerveau de FRITSCH et HITZIG (fig. 1). Aussi bien, voici, d'avant en

arrière, l'ordre de l'arrangement des fibres excitables de la capsule interne pour les différentes parties du corps, ordre correspondant, nous le répétons, à celui de la topographie des centres fonctionnels de l'écorce pour ces mêmes parties :

I. *Mouvements des yeux et de la tête* : ouverture des yeux ; déviation des yeux ; ouverture de la bouche ; déviation de la tête et des yeux ; rotation de la tête ; langue ; angle de la bouche. II. *Mouvements du membre supérieur* : épaule, coude, poignet, doigts, pouce. III. *Mouvements du tronc*. IV. *Mouvements du membre inférieur* : hanche, cheville du pied, genou, gros orteil, orteils.

Les conclusions de l'important mémoire de Beevor et Horsley sur l'*Arrangement des fibres excitables de la capsule interne* sont ainsi formulées (p. 86) : I. Les fibres de la portion excitable de la capsule interne reproduisent, d'avant en arrière, le même ordre relatif que les aires (*foci*) de leurs représentations dans la région motrice du cortex. II. Cela vaut pour les grandes divisions du corps, pour ses parties, tête, membre supérieur, tronc, membre inférieur, aussi bien que pour les segments de ces parties. III. L'arrangement des fibres capsulaires des différents segments de chaque grande division du corps est semblable à celui du cortex. Dans les aires corticales de l'épaule, des doigts, du pouce, le centre des extenseurs est localisé en avant, celui des fléchisseurs en arrière ; il en est de même dans la capsule interne. IV. Le caractère propre et la nature de chaque mouvement sont donc représentés d'une manière semblable dans la capsule interne et dans l'écorce du cerveau.

Aires corticales d'innervation des muscles du larynx et du pharynx. — Dans ses expériences d'excitation du *lobe frontal* (1882), Munk avait déterminé des contractions de la musculature antérieure du cou en appliquant les électrodes sur la partie latérale de la région de la nuque, chez le chien ; des contractions de la musculature postérieure du cou en excitant les parties moyennes de cette région. Il soupçonna que la première de ces régions pouvait être aussi *le centre cortical d'innervation des mouvements volontaires du larynx*. Ce fut cette hypothèse que vérifia expérimentalement, dans le laboratoire même de Munk, H. Krause : elle fut trouvée exacte.

L'aire corticale motrice, c'est-à-dire la sphère sensitive des mouvements volontaires, ou représentés, des *muscles du larynx*, et aussi du *pharynx*, était découverte. La localisation précise du point dont l'excitation par des courants d'induction produit l'adduction bilatérale des cordes vocales du larynx, et la fermeture de la glotte, se trouve sur l'isthme du gyrus préfrontal d'Owen, mieux dénommé gyrus précrucial, et qui n'est autre que la région

antérieure du gyrus sigmoïde. L'isthme du gyrus précrucial réunit cette dernière circonvolution au *gyrus anterior compositus*. En même temps qu'une contraction plus ou moins forte de la musculature du cou et qu'une élévation du larynx, des mouvements répétés de déglutition apparaissent quelquefois au moment de l'excitation. Puis on note : élévation du voile du palais, de la partie postérieure du dos de la langue et du glosso-palatin, des contractions du constricteur supérieur du pharynx, l'occlusion partielle ou totale de la glotte et de l'orifice supérieur du larynx.

La région inférieure, le pied de la circonvolution précruciale est donc, chez le chien, le centre des mouvements du larynx et du pharynx (1). C'est la région de la *sphère sensitive* de MUNK qui, outre les représentations motrices de la musculature antérieure du *cou*, est le substratum anatomique de celles des mouvements du *larynx* et du *pharynx*, du moins, quant à ce dernier, du premier temps de l'acte de la déglutition, lequel est de nature volontaire. Il ne s'agit, on le voit, ni du centre des mouvements de la bouche, ni de celui des mouvements de la langue, ni de celui de l'aboiement. On devait s'attendre, toutefois, à constater des modifications de la *voix* après l'ablation de l'aire dont nous venons de rappeler les symptômes consécutifs à l'excitation.

Dix chiens survécurent à l'opération : l'aire considérée fut d'abord enlevée à gauche, puis, quatre à cinq semaines plus tard, à droite, après la cicatrisation complète de la blessure. La phonation n'avait subi, après la première opération, aucune altération essentielle et durable. Au contraire, après la seconde opération, alors que l'extirpation des aires de KRAUSE fut bilatérale, la plupart des chiens ne purent plus émettre que des sons aigus, ne rappelant en rien les puissants aboiements qu'ils poussaient auparavant à pleine poitrine. Les uns n'aboyaient plus du tout; d'autres, dans l'effort évident qu'ils faisaient pour aboyer, n'arrivaient, en ouvrant et fermant la gueule, qu'à produire de faibles gémissements. « Ainsi, chez ces animaux, les représentations motrices des mouvements des cordes vocales nécessaires à la production des sons, à la *fonction de la phonation*, étaient abolies, dit KRAUSE : chez quelques-uns d'entre eux avaient seuls persisté les mouvements réflexes, tout rudimentaires, que possède déjà le chien nouveau-né et à l'aide desquels il pousse de petits cris aigus. » Toutes les autres fonctions de la sensibilité générale et spéciale ainsi que de la motilité étaient d'ailleurs normales. Déjà SOLTMANN, dans ses fameuses *Études expérimentales sur les fonctions du cerveau chez les nouveau-nés* (2) était parvenu, après une destruction bilatérale des « lobi prae et postfrontales », ou circonvolutions pré et postcruciales, chez des chiens nouveau-nés, à réaliser également, sans aucun trouble de la motilité, les symptômes caractéristiques de cette seconde série d'expérences : les chiens n'aboyaient

---

(1) H. KRAUSE. *Ueber die Beziehungen der Grosshirnrinde zu Kehlkopf und Rachen.* Sitzungsber. d. Berliner Akad., 1883, II, 1121 ; DU BOIS-REYMOND's Arch. f. An. u. Phys., 1884, 203-210. Taf. III.

(2) *Experimentelle Studien ueber die Functionen des Grosshirns der Neugeb.* Jahrb. für Kinderheilkunde, IX, 1875.

plus ; ils gémissaient seulement. H. Krause essaya de suivre les phénomènes de dégénérescence secondaire consécutifs à l'extirpation unilatérale de l'aire du larynx ; il constata des altérations très nettes de cette nature dans le pédoncule cérébral, le pédoncule du corps mamillaire et le corps mamillaire du même côté, etc., ce qui l'induisit à considérer le corps mamillaire comme une station ou relai nucléaire des fibres provenant de la convexité du gyrus précrucial.

Ainsi, le point de l'écorce cérébrale du chien que Krause a déterminé par ses expériences, et que Munk lui avait signalé, comme il le dit, avec « une sûreté presque mathématique », ce point est un centre d'innervation de certains muscles du larynx dont la contraction produit la fermeture de la glotte (*adduction bilatérale des cordes vocales*). Il ne s'agissait pas d'un centre d'association, comme dans les expériences de Ferrier et de Duret, dont nous allons parler, mais d'un centre de projection. Le langage, en effet, qu'il s'agisse de celui de l'homme ou de celui du chien, est une « fonction de relation, acquise par la vie sociale », comme le rappelle fort bien Duret, qui avait souvent entendu dire à Paul Bert que « les chiens abandonnés dans les îles désertes perdent la faculté d'avertir en aboyant (1) ». Le « centre de l'aboiement », s'il est l' « analogue » du centre du langage de la circonvolution de Broca, chez l'homme, n'est pas, comme Ferrier et Duret le croyaient d'ailleurs, un « centre moteur », et, s'il incite et règle les mouvements des appareils de la phonation et de l'articulation, c'est indirectement, en réagissant sur les centres de représentations motrices ou kinesthésiques de la sphère sensitive en rapport avec la musculature du larynx, du pharynx, de la langue et des lèvres. Aussi bien ces différentes aires fonctionnelles occupent, sur le *lobe frontal*, des régions différentes.

Ferrier décrit ainsi les effets de l'excitation de la région 9 de son schéma du cerveau du chien située au point de réunion antérieure de la IIIe et de la IVe circonvolutions externes, et qui correspond, sur le cerveau du singe, à l'extrémité inférieure de FA, au niveau du pied de la circonvolution de Broca (F_3) : « ouverture de la *bouche* et mouvement de la *langue*,

(1) Suivant Romanes, « l'instinct, apparemment acquis, de l'aboiement » peut être une sorte de rejeton de cet autre instinct, également acquis, de la propriété, si développé chez le chien domestique : il sert surtout à attirer l'attention du maître sur l'approche ou la présence d'étrangers ou d'ennemis (*). L'habitude d'aboyer est acquise ; elle est un résultat de la domestication. Ulloa remarque qu'à Juan Fernandez les chiens n'essayèrent point d'aboyer jusqu'à ce qu'ils l'eussent appris des chiens venus d'Europe ; leurs premiers essais d'aboiement furent bizarres. Linné a noté que les chiens de l'Amérique du Sud n'aboyaient pas après les étrangers. Hancock a écrit que les chiens d'Europe emmenés en Guinée « cessent d'aboyer au bout de trois ou quatre générations et ne font que hurler, *à la façon des chiens indigènes de la côte.* » Enfin, on sait que les chiens du Labrador n'aboient pas.

(*) Romanes. *L'évolution mentale chez les animaux*, 151, 235.

sortant et rentrant alternativement. Réaction bilatérale. Parfois, ainsi que je l'ai rapporté dans mes premières expériences, l'excitation de cette région provoque aussi des *sons de voix* (*vocalisation*) ou de faibles essais d'*aboiement* ou de *grognement*. Dans une expérience subséquente ceci se manifesta d'une manière très frappante. Chaque fois que les électrodes étaient appliquées à cette région, l'animal aboyait bruyamment et distinctement. Pour exclure la possibilité d'une simple coïncidence, j'excitai successivement diverses parties de l'hémisphère mis à découvert en produisant la réaction caractéristique de chaque centre, mais sans aboiement. La réapplication des électrodes au *centre de la bouche* provoqua l'aboiement, et le fit invariablement plusieurs fois de suite. » Dans la deuxième édition des *Fonctions du cerveau*, FERRIER écrit : « Cette région est donc un *centre de vocalisation* ou de *langage* (*a centre of vocalisation or speech*) ; elle est homologue aux centres 9 et 10 du singe » (extrémité inférieure de FA et pied de F_3) (1). Ajoutons que c'est bien là un centre d'expression des émotions, d'expression vocale ou de mimique sonore.

DURET, au cours de ses études sur la circulation cérébrale comparée chez les animaux, extirpa, chez deux chiens, la région des centres moteurs de la langue, des mâchoires, des lèvres, d'après FERRIER, pour voir, disait-il, si des phénomènes se produiraient analogues à ceux qu'on observe chez l'homme après la lésion de F_3. Et en effet, dans une note préventive qui figure aux C. R. de la Société de biologie (1877), il fit connaître que ces animaux paraissaient avoir perdu la faculté d'*aboyer* : ces chiens ne poussaient plus que quelques cris plaintifs, comme le font d'ailleurs les aphémiques, ainsi que le lui avait fait remarquer CHARCOT. Plus tard, dans son livre, *Études expérimentales et cliniques sur les traumatismes cérébraux* (Paris, 1878, p. 142, 249), DURET revint sur ces expériences d'extirpation qu'il compléta par des expériences de compression de la région des centres moteurs de la *langue* et des *lèvres* : « Par des déductions anatomiques, écrivait DURET, empruntées à l'étude de la circulation artérielle comparée de l'homme et des animaux, nous étions arrivé à assimiler cette région à la 3e circonvolution ou circonvolution de BROCA chez l'homme. L'ablation de cette région, en suspendant l'aboiement pendant près de deux mois, a vérifié ces hypothèses. Pendant ce temps, c'est à peine si notre chien pouvait grogner ou pousser quelques plaintes. » Ainsi, l'ablation de la région désignée par FERRIER comme l'aire motrice de la *langue* avait été suivie, dans l'expérience de DURET, de la perte, pendant près de deux mois, de la faculté d'aboyer. Or cette fonction, l'aboiement, est, pour DURET comme elle l'était pour PAUL BERT, une fonction de relation comme le langage articulé, un produit de la vie en société, de la domestication ; il note donc expressément que le chien qui avait perdu « la faculté de l'aboiement », ne la recouvra que peu à peu, « et, pour ainsi dire, par apprentissage. Au début de sa nouvelle éducation, il jappait faux, et d'une façon irrégulière, comme un tout jeune chien. » L'enfant doit apprendre à parler ; l'aphémique doit réapprendre à parler, et, suivant l'âge du sujet, l'étendue des lésions destructives et

(1) *The Functions of the Brain*, 2e Ed., 1886, 251-2. *Les fonctions du cerveau*, 1re éd., trad. franç., 1878, 241.

dégénératives du centre d'association de F_3 gauche, surtout d'après l'état d'intégrité du centre de l'audition verbale, un nouvel « apprentissage » peut être tenté. De même le chien doit apprendre à aboyer pour avertir, défendre et protéger la propriété de son maître ; s'il a perdu le mode d'expression de cette fonction sociale, il peut la réacquérir par une « éducation nouvelle », par un nouvel « apprentissage ».

Dans une autre série d'expériences, Duret a constaté un phénomène que nous devons rapprocher de celui qu'on avait observé sur le malade de l'hôpital Saint-Louis, dont a parlé Auburtin, le gendre de Bouillaud, et que nous avons rappelé. Il s'agissait, comme ici, d'une expérience de *compression*, pratiquée, à l'aide du plat d'une large spatule, dont la pression légère sur les « lobes antérieurs » du cerveau faisait alternativement disparaître et réapparaître « la faculté du langage ». Chez le chien dont Duret rapporte l'expérience (Exp. LV.), par des compressions intermittentes, on suspendait et on laissait se rétablir tour à tour le cours du sang « au niveau de la circonvolution du langage » : chaque fois l'animal poussait des aboiements « comme pour avertir de la présence d'une personne étrangère. On ne saurait supposer qu'il s'agissait, dans ce cas, de cris douloureux, remarque Duret, le chien étant dans le sommeil et presque comateux. » Une plaque de liège avait été introduite et enclavée entre le crâne et « la partie antérieure » de l'hémisphère droit. « Pendant qu'on appuie légèrement sur la partie postérieure et inférieure de la plaque de liège, l'animal se met à pousser des aboiements saccadés comme un chien qui avertit et jappe. Après chaque pression, avec le doigt, on constate de trente à quarante aboiements. En appuyant à un autre point de la plaque de liège, le résultat n'est pas le même : on ne détermine pas d'aboiements, on produit une extension forcée de la patte antérieure et de la patte postérieure du côté opposé. On peut appuyer sur la plaque de liège comme sur une touche de piano, et chaque fois on observe une série d'aboiements de même nature. La compression exercée sur la plaque de liège portait sur les deux tiers externes du gyrus sigmoïde et sur les deux circonvolutions situées au-dessous de lui », ce qui correspond bien au centre 9 de Ferrier, au point de réunion antérieur de la IIIe et de la IVe circonvolutions externes, centre des mouvements de la *bouche* et de la *langue*, non de ceux du *larynx*, que Krause a trouvé en avant de la Ire circonvolution externe. En excitant, dans ses expériences de 1884, la même région, Bechterew avait aussi noté la production de certains sons vocaux.

Le premier expérimentateur qui a signalé les rapports de la faculté d'aboyer avec les centres fonctionnels de l'écorce du cerveau est d'ailleurs Bouillaud : « Le 18 juin 1826, dans la matinée, je traversai avec une vrille la *partie antérieure du cerveau* d'un chien adulte, très vif, docile et intelligent. » Outre un état de démence profonde, et de troubles graves de la motilité, parmi lesquels je relève la circonstance qu'il « élevait considérablement ses pattes antérieures » en marchant, et qu'il éprouvait autant de peine pour descendre les degrés d'un escalier que pour les monter, cet animal, qui poussait des cris « comme un jeune chien qui n'est pas encore élevé », *n'aboyait point* « soit pour témoigner son affection, soit pour éloigner les étrangers qui venaient à la maison. » A l'autopsie, on vit qu' « à l'union des lobules antérieurs avec les moyens, au-devant de l'extrémité antérieure des ventricules latéraux, le cerveau était traversé par un canal, plus large à droite qu'à gauche, pouvant contenir le doigt dans le premier sens, ayant sa partie antérieure jaune, polie, cicatrisée, et plus compacte que le reste de la substance cérébrale (1). »

---

(1) J. Bouillaud. *Recherches expérimentales sur les fonctions du cerveau (lobes cérébraux) en général et sur celles de sa portion antérieure en particulier.* Journ. de physiologie... par F. Magendie, X, 1830, 20e expér., 85-91.

Dans certaines paralysies psychiques, telles que l'aphonie hystérique, les centres moteurs du larynx qui déterminent les *mouvements volontaires d'adduction des cordes vocales* peuvent être seuls affectés. Au contraire, dans certaines maladies organiques, les filets nerveux primitivement affectés sont ceux qui, distribués aux abducteurs, sont la condition des *mouvements automatiques* de la respiration laryngée. Cette dualité de fonctions du larynx, considéré comme organe de la *phonation* et de la *respiration*, l'une essentiellement *volontaire*, l'autre surtout *automatique*, implique l'existence de centres également différenciés, correspondant à ces deux ordres de phénomènes. Les recherches de Munk et de Krause ont été confirmées. En effet, Krause avait indiqué (1882) qu'en changeant la position des électrodes, dont l'application sur la région inférieure du *gyrus praefrontalis* d'Owen déterminait la *fermeture de la glotte*, et en les portant en haut, tout près de l'extrémité latérale du *sulcus cruciatus*, « les cordes vocales prenaient une position intermédiaire entre la phonation et l'inspiration profonde. » Cette expérience démontrait que l'*abduction des cordes vocales* peut être également provoquée par l'excitation du territoire cortical considéré. Les expériences d'extirpation de Krause n'avaient pas moins sûrement indiqué la vraie voie que ses expériences d'excitation. L'extirpation, d'abord unilatérale, pratiquée sur dix chiens, de l'aire des muscles adducteurs du larynx, ne détermina aucun trouble essentiel dans la fonction de la voix ; l'extirpation bilatérale fut suivie, au contraire, de la perte des « représentations motrices des mouvements des cordes vocales nécessaires à la phonation » ; les chiens n'émettaient plus que des cris réflexes rappelant ceux des animaux nouveau-nés. Enfin, Krause avait constaté qu'une excitation intense et répétée de l'aire corticale du larynx détermine la production de *convulsions épileptiformes* auxquelles prennent part les muscles de la *nuque*, du *membre antérieur*, du *larynx*. Depuis, Semon (1) a surtout mis en lumière que la fonction de la respiration jouait, dans l'innervation centrale du larynx, un rôle beaucoup plus important qu'on ne l'avait supposé ; il a montré que certains centres nerveux doivent constamment agir pour maintenir le tonus réflexe des muscles *abducteurs* nécessaire à la continuité d'action du mécanisme de la respiration.

François Franck a vu, quel que soit le point excité, les excitations de la

---

(1) F. Semon. *On the Position of the vocal Cords in quiet respiration in man, and on the Reflex-tonus of their Abductor-Muscles*, Roy. Soc. Proc., 1890, vol. 48, p. 403. Cf. F. Semon. Brit. med. Journal, 1886. 405 ; Berliner klin. Wochenschr., 1883. 46-49 ; Arch. of laryngology. 1881, II. F. Semon et V. Horsley. *On the central motor Innervation of the larynx*. A prelim. Communic. Brit. med. Journ., 1889, 1383-1384.

zone motrice, quand elles ont une durée d'application et une intensité suffisantes, provoquer des modifications dans les mouvements respiratoires. Ces modifications consistaient en changements : 1° de fréquence, le degré d'intensité, non le point d'application des excitations, déterminant l'accélération, le ralentissement ou l'arrêt de ces mouvements ; 2° d'amplitude ; 3° de tendance vers l'état d'inspiration ou d'expiration ; 4° de diamètre de la glotte et de calibre des bronches. Mais de points corticaux dissociables correspondant aux mouvements du *larynx* ou du *diaphragme*, commandant à l'inspiration ou à l'expiration, il n'y en avait point, et il paraissait peu vraisemblable à ce savant qu'on fût conduit à admettre des « centres respiratoires dans les circonvolutions ». Toutefois, il est juste de faire remarquer que l'éminent physiologiste n'avait pas soulevé la question de centres corticaux spéciaux des mouvements du larynx (1).

Dans ses études expérimentales et cliniques sur *Les centres moteurs corticaux du larynx,* Giulio Masini, tout en reconnaissant que les phénomènes de réaction ou de déficit fonctionnels atteignent, dans le pied de la circonvolution préfrontale ou précruciale du chien, leur plus grande intensité, a écrit que ce centre s'étendait bien au delà de ce point limité de l'écorce et rayonnait en tous sens vers les autres régions motrices. Pour que les phénomènes de parésie des muscles adducteurs des cordes vocales du larynx persistent un certain temps, l'ablation bilatérale des aires de Krause ne suffirait pas : il faudrait enlever toute la masse cérébrale en avant du sillon crucial ; encore les phénomènes de déficit ne seraient-ils durables que si l'on détruisait en même temps la circonvolution postcruciale.

« Je ne nie pas, écrivait Masini, que l'aire de Krause ne représente le foyer principal du centre du larynx (2). » Mais, en vertu de ses irradiations aux centres voisins, cette aire se confondrait en partie avec les centres de la langue, du voile du palais, des mâchoires, voire des membres antérieurs et postérieurs, de par la théorie de l' « engrenage », soutenue surtout par quelques physiologistes italiens. De concert avec les phénomènes de parésie, Masini a observé des altérations de la sensibilité tactile et musculaire, thermique et dolorifique, de la muqueuse laryngée. Mais, touchant la question des rapports croisés ou directs, unilatéraux ou bilatéraux, du centre laryngé de chaque hémisphère avec l'organe périphérique, il a trouvé que les rapports croisés prévalent, encore que les rapports directs d'un centre cortical du larynx avec les muscles laryngés du même côté soient également évidents. Si, sur un hémisphère, on excite ce centre avec un courant plus intense, on détermine une

---

(1) François Franck. *Leçons sur les fonctions motrices du cerveau.* Paris, 1887. Leçons XVII[e] et XVIII[e], et surtout p. 146.

(2) G. Masini. *Sui centri motori corticali della laringe. Studi sperimentali e clinici.* Napoli, 1888, p. 29.

réaction motrice *bilatérale* des muscles du larynx. Mais MASINI est le seul expérimentateur qui ait observé une réaction ou une parésie isolée de la corde vocale du côté opposé au centre excité ou détruit (1).

F. KLEMPERER (Strassburg) rappelait naguère que MASINI avait surtout trouvé des adhérents à sa doctrine parmi les cliniciens français. Il a repris, au point de vue expérimental, les expériences de KRAUSE et de SEMON et HORSLEY. Il les a confirmées en partie. En excitant le pied du *gyrus préfrontal* ou *précrucial* du chien, le centre cortical du *larynx,* il a observé l'occlusion de la glotte par adduction des deux cordes vocales : jamais il n'a vu, comme MASINI, d'adduction latérale croisée. Toutefois l'*extirpation* totale de cette région ne lui a révélé aucune lésion fonctionnelle de déficit relativement aux mouvements des cordes vocales et à la phonation. Les résultats ont été également négatifs à ce point de vue après une lésion destructive du centre cortical du larynx provoquée par la création de foyers morbides (inoculations uni et bilatérales, chez douze chiens, de bacilles du typhus et de la tuberculose pour produire des abcès aigus et des lésions chroniques).

KLEMPERER remarque même à ce sujet qu'aucun cas absolument certain de paralysie corticale du larynx n'a été jusqu'ici constaté en clinique. S'il existe donc sur la surface des deux hémisphères du cerveau du chien un point dont l'excitation électrique détermine l'adduction des cordes vocales, mouvement toujours bilatéral, jamais unilatéral, l'extirpation et la destruction de cette région restent sans effet sur les mouvements des cordes vocales et sur la phonation. KLEMPERER n'a garde de nier l'existence de connexions anatomiques et fonctionnelles du territoire circonscrit par KRAUSE sur l'écorce cérébrale avec l'innervation du larynx ; il ne peut se décider à reconnaître « quelque signification pathologique au centre du larynx en tant que centre moteur au sens ordinaire du mot », par

---

(1) AD. WALLENBERG (Danzig) a pourtant publié récemment (1896) une observation favorable à l'opinion de MASINI (*), opinion contraire à celle qui, depuis les travaux de KRAUSE, de SEMON et de HORSLEY, est devenue la plus généralement adoptée, non pas seulement en Allemagne, ainsi que le croit l'auteur, mais en France aussi, quoique des neurologistes distingués admettent encore l'influence prépondérante de l'hémisphère opposé sur les mouvements de la corde vocale correspondante à cet hémisphère, c'est-à-dire croisée : « L'hypothèse de MASINI, a écrit BRISSAUD, est beaucoup plus conforme aux faits humains : chaque hémisphère exercerait une action prédominante sur la moitié opposée de la glotte, non sans être capable d'actionner plus faiblement l'autre moitié. En outre, jusqu'à présent, aucune preuve sérieuse n'a pu être invoquée en faveur d'une localisation asymétrique de la fonction vocale comparable à la localisation de BROCA (**). » Alors, pourquoi estimer « impossible », en ce qui concerne l'homme, l'opinion de SEMON et HORSLEY, que les centres laryngés des deux hémisphères se partagent également la fonction motrice des deux moitiés de la glotte ?

(*) *Linkseitige Gesichts-Zungen-Schlund-Kehlkopf-Lähmung in Folge eines Erweichungsherdes im rechten Centrum semiovale.* Neurol. Centralbl., 1896, 199.

(**) E. BRISSAUD. Traité de Médecine, VI. *Maladies de l'encéphale,* ch. Ier, 16.

exemple au même sens où le sont les aires motrices des extrémités ou du facial (1). Et il en serait pour l'homme comme chez le chien : cliniquement, on devrait renoncer à admettre chez celui-là « une paralysie corticale du larynx ».

Klemperer a répété, sans plus de succès, les expériences d'Onody (Budapest), qui a indiqué l'existence d'un centre spécial de la voix ou de la phonation et de l'adduction des cordes vocales dans une région située en arrière des tubercules quadrijumeaux antérieurs et qui comprend les tubercules quadrijumeaux postérieurs. Après avoir constaté l'existence du centre cortical du larynx de Krause, avec Horsley, Masini, etc., sans avoir plus réussi que Semon ou aucun autre expérimentateur à déterminer par une excitation unilatérale de ce centre l'adduction isolée de la corde vocale croisée, Onody a bien vu que l'extirpation d'un centre cortical du larynx ne provoquait aucun changement ni de la phonation ni des mouvements des cordes vocales, mais l'extirpation des deux centres, et même la section des fibres de la couronne rayonnante, également bilatérale, n'ont pas eu un autre résultat : la phonation et les mouvements des cordes vocales n'avaient point varié. Au contraire, la section transversale de la moelle au-dessus des noyaux du vague entraîne la perte subite de la voix, partant celle de l'adduction avec persistance de l'abduction des cordes vocales. La section isolée des tubercules quadrijumeaux à leur base produit le même effet. La séparation des tubercules quadrijumeaux antérieurs des postérieurs n'abolit pas la phonation. Au cours de ses expériences, Onody parvint à délimiter un territoire dont la conservation laisse persister la phonation et l'adduction des cordes vocales : la limite supérieure en est constituée par le sillon transverse qui sépare les tubercules quadrijumeaux antérieurs et postérieurs, la limite inférieure passe par un plan situé à 8 millimètres en bas et en arrière de la première. Ce centre comprend donc, chez les lapins et les chiens, les tubercules quadrijumeaux postérieurs. Une section pratiquée au-dessus de ce territoire laisse intactes la phonation et l'adduction ; celles-ci sont abolies par une section passant au-dessous de ce centre dont la limite inférieure se trouve donc à la partie supérieure du quatrième ventricule (2). Ajoutons qu'Onody estime, de par les résultats obtenus dans ces expériences, que les mouvements des cordes vocales du larynx ne dépendent pas des nerfs accessoires.

Les recherches anatomiques ne permettent pas de douter que les

---

(1) F. Klemperer. *Experimentelle Untersuchungen über Phonationscentren im Gehirn*. Arch. f. Laryngol. und Rhinol., II, 9, 329.

(2) Onody. *Die Phonationscentren im Gehirn*. Neurol. Centralbl., 1894, 752-3. Berl. klin. Wochenschr., 1894, n° 48.

tubercules quadrijumeaux postérieurs ne soient en rapport avec la branche *cochléaire* du nerf acoustique : BECHTEREW et FLECHSIG (1884, 1885), HELD, l'ont en effet établi. Ces tubercules sont en rapport avec cette branche de la VIII° paire par l'intermédiaire des fibres du corps trapézoïde et du ruban de REIL latéral, voie centrale des impressions de l'ouïe. Or, comme le corps genouillé interne, qui par le *brachium conjunctivum posticum* est en connexion avec les tubercules quadrijumeaux postérieurs, s'atrophie après l'ablation du lobe temporal (MONAKOW), la relation fonctionnelle des tubercules quadrijumeaux postérieurs et des corps genouillés internes avec l'audition n'est pas moins certaine que celle des tubercules quadrijumeaux antérieurs et des corps genouillés externes avec la vision.

En détruisant superficiellement les tubercules quadrijumeaux postérieurs de certains animaux, rats, cobayes, etc., BECHTEREW a constaté un affaiblissement de l'ouïe; après une destruction profonde des mêmes organes, la surdité était complète pour les deux oreilles. Mais, en outre, quand la destruction des tubercules quadrijumeaux est complète, bilatérale, la phonation, la voix, est abolie ; elle est affaiblie si la destruction est unilatérale, sans que ce phénomène puisse s'expliquer, remarque expressément BECHTEREW, par un changement de la respiration. Ce physiologiste russe admet donc, d'accord avec ONODY, que les tubercules quadrijumeaux postérieurs des mammifères renferment un *centre de la voix* ou de la *phonation* (*Stimmcentrum*) (1), dont le développement est en rapport avec l'organe de l'ouïe, fonction dont la relation du centre cortical, le lobe temporal, avec les tubercules quadrijumeaux postérieurs, est démontrée.

Ces ganglions du mésencéphale sont à la fois des centres de l'audition, de la phonation et des mouvements réflexes en rapport avec l'ouïe, et sans doute aussi avec la vue si, comme l'a montré HELD, les fibres de la branche cochléaire de l'acoustique se distribuent non seulement aux tubercules quadrijumeaux postérieurs, mais aussi en partie aux tubercules quadrijumeaux antérieurs, où ces fibres s'arborisent dans les dendrites des cellules d'origine des faisceaux centrifuges du nerf optique qui gagnent les noyaux moteurs des nerfs oculaires et les cordons antérieurs de la moelle épinière. Il existerait ainsi une voie commune réflexe dont les réactions dépendraient à la fois des impressions élémentaires de la vue et de l'ouïe (2). L'influence énorme des sensations de l'ouïe sur tous les

---

(1) W. v. BECHTEREW. *Der hintere Zweihügel als Centrum fur das Gehör, die Stimme und die Reflexbewegungen*. Neurol. Centralbl., 1895, 706.

(2) « C'est dans le voisinage immédiat des éminences antérieures des tubercules quadrijumeaux, audevant de l'aqueduc de Sylvius, que se trouvent les cellules radiculaires du nerf oculo-moteur commun innervant, par certaines de ses fibres, le muscle constricteur de l'iris. Une impression lumineuse un

mouvements rend encore manifeste cette localisation d'un centre réflexe de l'audition dans les tubercules quadrijumeaux postérieurs : tels sont les troubles de l'équilibre, de la station et de la locomotion, consécutifs aux lésions destructives de ces ganglions, avec conservation intacte de la motilité musculaire des membres et du tronc, les mouvements de manège, ceux de la conque de l'oreille opposée, la déviation des globes oculaires, le nystagmus, etc., tous phénomènes notés par Bechterew au cours de ses expériences d'ablation et d'excitation. L'état anatomique et physiologique des tubercules quadrijumeaux postérieurs retentirait donc, au moyen de voies réflexes, sur tous les mouvements qui sont en rapport avec les impressions de l'ouïe, sur ceux des muscles de l'oreille externe, des extrémités et du tronc, mais en particulier sur les contractions des muscles du larynx en rapport avec la phonation, l'intonation et tous les modes d'expression des émotions et des sentiments par la voix.

Semon et Horsley, après avoir examiné le larynx dans un grand nombre de cas d'hémiplégie corticale, avaient fait connaître qu'ils n'avaient jamais observé la paralysie de la corde vocale opposée à la lésion cérébrale, même lorsque les hémiplégiques étaient aphasiques moteurs : « Il *n'existe pas,* écrivaient les auteurs anglais (1889), de paralysie unilatérale d'une corde vocale par lésion d'un hémisphère cérébral, comme on l'a soutenu. La chose est rendue évidente par le fait que l'*aphasie motrice* n'est pas identique à l'*aphonie*. Dans des cas d'aphasie complète et d'hémiplégie droite, nous avons trouvé les mouvements des cordes vocales parfaitement conservés (1). » Et en effet, quoique l'aphonie se montre quelquefois avec l'aphémie, c'est-à-dire avec une lésion de F_3 gauche, Lannois, dissociant les troubles de la phonation de ceux de la « coordination des

---

peu vive tombant sur la rétine amène la contraction de ce muscle et par suite le rétrécissement de la pupille. L'ébranlement nerveux a donc dû se transmettre des fibres optiques au groupe de cellules nerveuses en rapport avec le muscle constricteur de l'iris. On ignorait jusqu'ici le chemin suivi par l'ébranlement nerveux pour aller des fibres optiques au noyau d'origine du nerf de la III[e] paire. D'après les recherches de H. Held, confirmées par van Gehuchten et par Cajal, il existe, dans le noyau des éminences antérieures, des cellules volumineuses dont les prolongements cylindraxiles se dirigent en avant et en dedans, passent au-devant du noyau du nerf oculo-moteur commun, s'entrecroisent dans le raphé, puis se recourbent en bas pour devenir fibres constitutives du faisceau longitudinal postérieur. Ces fibres abandonnent des collatérales qui se ramifient entre les cellules radiculaires du *nerf oculo-moteur commun*, et, plus bas, entre les cellules radiculaires du *nerf pathétique* et du *nerf oculo-moteur externe*, établissant ainsi une connexion morphologique entre les *fibres optiques* et les cellules radiculaires de tous les nerfs moteurs des muscles de l'œil » (*).

(1) F. Semon et V. Horsley. *On the central motor innervation of the larynx*. Brit. med. Journ., 1889, 1383-4.

(*) Van Gehuchten. *Anatomie du système nerveux de l'homme*. Louvain, 1897, p. 436.

mouvements propres au langage articulé », avait remarqué qu'on ne saurait s'étonner de l' « absence de troubles du côté du larynx chez les malades atteints d'aphasie motrice. Si les aphasiques aphones ne sont pas communs, ajoutait-il, il est plus fréquent d'en rencontrer chez lesquels tous les sons possibles se trouvent réduits au gémissement, au grognement, au cri guttural grave ou aigu : que l'on pratique l'examen laryngoscopique avec le miroir, il est vraisemblable que chez ces malades les cordes vocales ne fonctionnent pas normalement (1885). » Cliniquement, dans les affections *irritatives* unilatérales de l'aire corticale du larynx, Semon et Horsley avaient observé le spasme de la glotte, c'est-à-dire l'adduction bilatérale des cordes vocales, une irritation unilatérale produisant un effet bilatéral. C'est le cas dans le *laryngismus stridulus*.

Le spasme de la glotte, écrivait Gay en 1889, résulte d'une excitation des centres corticaux de la phonation (1). Ces centres corticaux, comme ceux de la respiration laryngée, sont déjà, à l'état normal, très facilement excitables (sensation d'étranglement, d'oppression et de suffocation dans la crainte, l'angoisse, les excitations cutanées, etc.), surtout chez les jeunes enfants, les centres d'arrêt n'étant pas encore développés chez eux. Par conséquent, chez les enfants rachitiques en particulier, où l'évolution de l'intelligence, et partant celle des centres d'inhibition, est si tardive, les irritations extérieures détermineront d'une manière fatale, par voie réflexe, dans le centre cortical de la phonation, une décharge nerveuse qui retentira sur l'appareil laryngé : la plus légère excitation (l'accumulation de mucus dans la gorge pendant la nuit, l'acte de la déglutition même, etc.) suffira pour déterminer le spasme de la glotte. Gay compare donc le laryngisme à une épilepsie jacksonienne ; c'est une affection de l'écorce cérébrale ; il est d'ailleurs souvent associé aux convulsions générales.

Quoi qu'il en soit, l'irritation unilatérale, soit expérimentale, soit pathologique, de l'aire corticale du larynx détermine une adduction bilatérale complète des cordes vocales, et cela alors même qu'un des deux territoires corticaux où ces mouvements sont représentés a été détruit ou extirpé si complètement que l'excitation des parties voisines de la lésion n'exerce plus aucune influence sur le larynx. Même en ce cas, même après l'ablation de tout un hémisphère cérébral, il n'existe pas de paralysie des cordes vocales du larynx, la représentation kinesthésique des images motrices des mouvements d'adduction des cordes vocales étant bilatérale. Chez l'homme comme chez le singe le centre absolu de cette représentation se trouve, dans chaque hémisphère cérébral, en arrière de l'extré-

---

(1) Gay. *Laryngismus*. Brain, 1889.

mité inférieure du sillon précentral, à la base de F_3, par conséquent dans la moitié antérieure de l'extrémité inférieure de FA. L'excitation unilatérale de cette aire détermine une adduction complète bilatérale des cordes vocales qui dure aussi longtemps que l'application du stimulus. L'excitation des parties situées plus à la périphérie de l'aire réalise avec une perfection toujours moins grande les mouvements d'adduction. A la limite extrême de l'aire, les cordes vocales prennent la position cadavérique.

Dejerine a publié, en 1891, deux cas qui confirment la localisation corticale des muscles du larynx servant à la phonation, telle que l'ont établie Semon et Horsley. Dans le premier cas, où il existait, comme dans le second, une aphasie motrice sous-corticale typique, le malade était « muet », quoiqu'il pût prononcer tout bas quelques mots, de sorte que pour l'entendre il fallait approcher l'oreille de la bouche du malade. Il comprenait très bien ce qu'il lisait et ce qu'on disait et pouvait indiquer le nombre des syllabes des mots. La mobilité de la langue et celle du palais étaient normales. A l'autopsie, un foyer de ramollissement s'étendait, dans la substance blanche, sous la partie inférieure de la scissure de Rolando, sous le pied de F_3 et sous la partie inféro-postérieure de FA, lésions destructives dont la localisation expliquait exactement la nature des troubles fonctionnels observés pendant la vie, l'hémiplégie, l'aphasie motrice, la paralysie laryngée (1). Raugé a tenté d'expliquer la grande rareté apparente des paralysies corticales du larynx, considéré comme organe de phonation, dans les hémiplégies communes, en supposant qu'elles se dérobent, quatre-vingt-dix-neuf fois sur cent, à l'observation clinique. En effet, le centre cortical du larynx occupe, sur le *lobe frontal*, une étendue comparable à celle de l'aire de Broca ; il est irrigué par les mêmes artères ; il est en continuité de substance à la fois avec FA et F_3. Si l'on n'observe pas plus souvent les paralysies laryngées chez les hémiplégiques, c'est donc, selon Raugé, parce que les troubles de la phonation qui les révéleraient passent inaperçus et que l'examen laryngoscopique est souvent très difficile chez ces malades. Mais, sur 23 hommes atteints d'hémiplégie droite, gauche, ou double, dont l'affection datait d'un an à dix-huit ans, et était accompagnée de troubles de dysarthrie, de dysphagie, de paralysie du voile du palais, de diminution ou d'abolition du réflexe pharyngien, Simerka a trouvé intacts, chez dix-neuf, les mouvements des cordes vocales, ce qui ruine encore, avec l'hypothèse de Raugé, la théorie de l'unilatéralité fonctionnelle des centres corticaux du larynx (2). La rareté de la paralysie corticale des adducteurs doit donc être attribuée, suivant Simerka, d'accord avec Krause, Semon et Horsley, à l'innervation bilatérale, par chaque hémisphère cérébral, de chacune des cordes du larynx.

L'aire corticale de la représentation absolue des *cordes vocales* a été délimitée avec une remarquable précision par Semon et Horsley (3) : le

---

(1) Dejerine. *Contribution à l'étude de l'aphasie motrice sous-corticale et de la localisation cérébrale des centres laryngés (muscles phonateurs)*. C. R. Soc. biol., 1891.

(2) Simerka (de Prague). *Sur le degré de fréquence des paralysies laryngées chez les hémiplégiques*. Rev. neurol., IV, 1896, 324-6.

(3) Felix Semon et V. Horsley. *An experimental Investigation of the central motor Innervation of the Larynx*. Philos. Trans. of the R. Soc. of Lond. vol. 181, 1890, 187-211.

bord postérieur de cette aire est formé par un petit sillon situé à la partie inférieure de FA, appelé *sulcus transversus frontalis inferior* par EBERSTALLER, distant de 4 millimètres de la scissure de SYLVIUS, de 8 millimètres en arrière du *sulcus praecentralis* et de 5 millimètres du sillon de ROLANDO. Ce centre fait donc partie de l'*aire faciale* du *cortex cerebri*, décrite par BEEVOR et HORSLEY (1), dont l'étendue comprend environ le tiers inférieur des circonvolutions FA et PA avec une partie du gyrus supramarginal. Pour limites, en bas, la scissure de SYLVIUS, en avant, la branche verticale du sillon précentral, en haut, une ligne horizontale qui coïnciderait, sur FA, avec l'extrémité supérieure du sillon précentral au-dessus de la courbure du sillon de ROLANDO (genu inferius). Nous venons de voir que, pour les *mouvements d'adduction des cordes vocales*, un hémisphère peut suppléer l'autre. Ce caractère vrai de bilatéralité fonctionnelle ne convient, en outre de ces mouvements, qu'à ceux de la *mastication*, de la *déglutition* et de certains mouvements des lèvres, mais c'est à tort, on l'a vu en étudiant l'arrangement des fibres de la capsule interne, qu'on l'attribue d'ordinaire, ce caractère, à d'autres aires motrices des lobes frontal et préfrontal, telles que celles du *tronc*, de la *langue*, des *yeux*, de la *tête*. La représentation bilatérale n'est qu'imparfaitement réalisée par les mouvements des *paupières*, des *lèvres*, de la *bouche* et du *voile du palais*. La mobilité des *lèvres* est très remarquable chez l'Orang-Outang (2).

DARWIN rapporte, comme on peut d'ailleurs l'observer chez l'enfant et chez l'adulte, que, pour accomplir certains actes manuels exigeant quelque ajustement musculaire délicat, l'Orang serre à la fois et avance les lèvres. « Quand nous essayons d'accomplir un acte quelconque qui demande peu de force, mais qui est minutieux et exige de la précision, par exemple, d'enfiler une aiguille, en général nous serrons énergiquement les lèvres, dans le but, je présume, de ne pas troubler nos mouvements par notre haleine. J'ai vu un jeune Orang se comporter d'une manière semblable. La pauvre petite bête était malade, et s'amusait en essayant de tuer, sur les carreaux de vitres, avec ses doigts, les mouches qui bourdonnaient à l'entour : à chaque tentative elle *serrait exactement les lèvres* et les *avançait* un peu. Les Orangs et les Chimpanzés jeunes avancent les lèvres, quelquefois d'une manière étonnante, dans diverses circonstances : ils agissent ainsi

(1) CH. BEEVOR et V. HORSLEY. *A further minute Analysis by electric Stimulation of the so called motor Region (Facial-Area) of the Cortex cerebri in the Monkey (Macacus Sinicus).* Philos. Trans. of the R. Soc. of Lond., vol. 185, 1894.

(2) BEEVOR et HORSLEY. *A record of the results obtained by electrical Excitation of the so called motor cortex and internal capsule in a Orang-Outang (Simia Satyrus).* Philos. Trans. of the R. Soc. of Lond., vol. 181, 1890. p. 135.

non seulement lorsqu'ils sont légèrement irrités, maussades ou désappointés, mais aussi quand ils sont effrayés par un objet quelconque, — par la vue d'une tortue, par exemple, — et aussi lorsqu'ils sont joyeux. Toutefois, je crois que ni le degré de cette projection des lèvres, ni la forme de la bouche, ne sont exactement identiques dans tous les cas (1) ». Tous ces mouvements des lèvres ont été particulièrement bien étudiés par Beevor et Horsley.

Quel que soit le caractère d'association bilatérale qu'offrent certains mouvements musculaires pour l'accomplissement d'actes définis, il n'en faut pas conclure à une représentation bilatérale de ces mouvements dans chaque hémisphère. Non seulement la représentation des mouvements du *tronc* est unilatérale comme celle des *membres*, et même celle du *sphincter de l'anus* (Sherrington) : il en est ainsi des mouvements d'occlusion et d'ouverture des *paupières*, ainsi que des mouvements des *yeux*, dont le centre est situé en avant du sillon précentral ; des mouvements d'élévation et de rétraction de l'*angle de la bouche* ; des mouvements d'élévation et d'abaissement, de plissement et d'avancement des lèvres, des mouvements des joues, invariablement associés aux mouvements de la langue ; des mouvements du *menton*, au moins en partie.

Quant aux mouvements de la *langue*, il en est de bilatéraux, dont l'innervation tout entière est réalisée par conséquent dans l'écorce de l'un et de l'autre hémisphère, il en est dont la représentation est au contraire unilatérale. Décrits jusqu'ici comme mouvements d'ensemble, les mouvements si complexes de la langue peuvent être en réalité différenciés lorsque, après avoir séparé par une incision verticale passant par la ligne médiane les deux moitiés de cet organe, ainsi que l'ont fait Beevor et Horsley, on observe, en excitant leurs centres corticaux respectifs, la nature des représentations motrices de ces moitiés. A côté de mouvements bilatéralement représentés dans l'écorce, tels que l'avancement et la rétraction de la langue, qu'exécutent symétriquement, après une division longitudinale, chaque moitié de l'organe, il existe d'autres mouvements, tenus pour bilatéraux ou communs, tels que la déviation de la langue chez les hémiplégiques, qui n'ont qu'une représentation unilatérale. On sait que, dans l'hémiplégie, la langue reste déviée du côté paralysé, par conséquent du côté opposé à la lésion, déviation attribuée à la flaccidité des muscles paralysés (Carpenter). Voici ce qui ressort des expériences physiologiques des auteurs anglais.

Il s'en faut bien que, comme l'ont supposé les anatomistes et les

---

(1) Ch. Darwin. L'expression des émotions, 151, 153.

cliniciens, si l'on excite, sur l'hémisphère gauche, les points de représentation des mouvements de protrusion de la langue du côté opposé à l'excitation, la moitié droite de la langue demeure passive (1). Lorsque l'aire gauche corticale correspondante était excitée, la moitié gauche de la langue s'avançait au delà des dents, tandis que la moitié droite était retirée dans la bouche. Le mouvement de protrusion de la langue est, disent ces auteurs, tout à fait comparable au mouvement conjugué des yeux du côté opposé après l'excitation d'un hémisphère : ainsi, la moitié droite de la langue correspondrait au *rectus* externe droit, la moitié gauche de la langue au *rectus* interne gauche. Bref, dans l'un et l'autre cas, de la *combinaison de deux mouvements opposés* sort la production d'une *action résultante*. Le *caractère opposé des mouvements des deux moitiés de la langue* devient beaucoup plus apparent lorsque l'irritation du centre cortical en question détermine des convulsions épileptiques. Dans le spasme clonique, les deux moitiés de la langue exécutaient les contractions caractéristiques : celle du même côté que l'excitation était poussée *en avant*, la moitié opposée était rétractée *en arrière*. Cette rétraction de la moitié de la langue du côté opposé à l'excitation corticale ne commençait jamais avant la protrusion de la moitié de la langue du côté correspondant : dans quelques expériences elle se produisit seule; il paraît donc probable que, des deux mouvements, c'est le plus important des représentations des mouvements de la langue. Un diagramme des auteurs (pl. IX, fig. 9) rend bien manifeste cette différenciation si avancée des images « motrices » de cette région du cerveau. La région dont l'excitation détermine la *protrusion* de la langue, la pointe dirigée du côté opposé, est située à la partie supérieure de l'aire des représentations des mouvements de la langue, c'est-à-dire exactement au-dessous d'une ligne tirée entre l'extrémité supérieure de la branche verticale du sillon précentral et le genou de la scissure de ROLANDO (lignes horizontales). Au contraire, les mouvements de *rétraction* sont représentés sur la portion inférieure de l'aire, c'est-à-dire autour de l'extrémité inférieure de la scissure de ROLANDO (lignes obliques). Au milieu, c'est-à-dire dans la région intermédiaire, sont localisées les représentations des *mouvements de rotation* de la langue autour de son axe longitudinal, le dos dirigé vers la joue du même côté (lignes verticales) (2). Chez le Bonnet, mais surtout chez

---

(1) FÉRÉ a observé, avec le sphygmomètre de BLOCH, que, contrairement à l'opinion reçue, les aphasiques, même lorsque leur *langue* paraît jouir de toutes ses fonctions, ont de la paralysie unilatérale, et que les hystériques ont de l'affaiblissement du même organe du côté de l'anesthésie et de l'amyosthénie de leur corps.

(2) CH. BEEVOR et V. HORSLEY, l. l., p. 57-58, 80-81.

l'Orang, l'ordre de variétés des diverses représentations des mouvements de la langue offre sur l'écorce une succession de points qui mènent graduellement de la protrusion à la rétraction de l'organe (fig. 13).

Les mouvements de la mâchoire inférieure sont les uns simples, les autres rythmiques. La représentation corticale des premiers, actes volontaires, par exemple l'ouverture ou la fermeture de la bouche, est relativement très faible, et contraste par là avec celle des mouvements rythmiques de *mastication*. L'acte si complexe de la mastication débute au moment de l'application des électrodes sur l'aire corticale correspondante

Fig. 15. — Aires sensitivo-motrices de l'écorce cérébrale du singe. (Beevor et Horsley.)

et se déroule dans l'ordre ordinaire, c'est-à-dire que la mâchoire inférieure commence à exécuter une série de mouvements rythmiques de « broyage », s'abaissant et se soulevant alternativement, en même temps que la langue avance et se retire, alternativement aussi, en accord avec les mouvements de la mâchoire inférieure. Cette action continue jusqu'à ce que les électrodes soient enlevées. « C'est là, ont écrit les auteurs anglais, un exemple de décharges rythmiques du cortex provoquées par un stimulus constant et qui ne durent qu'autant que l'excitation. D'après ce qu'on sait, c'est la seule action vraiment rythmique qu'on détermine par l'excitation de l'écorce du cerveau, » car le clignement des yeux, c'est-à-dire l'occlusion et l'ouverture des deux paires de paupières, n'est qu'un acte rythmique imparfait. Ainsi que pour les mouvements de mastication, il existe dans l'écorce une représentation bilatérale des mouvements de *déglutition*. Quant aux mouvements du *voile du palais*, ils présentent un

caractère très net d'unilatéralité fonctionnelle. Les différentes parties de l'*aire de la face* ne sont pas circonscrites par des limites aussi bien définies que celles de l'aire corticale des extrémités. Une localisation aussi rigoureuse est impossible ; tous les mouvements des diverses régions de la face n'en sont pas moins représentés sur l'écorce du cerveau en une série de centres dont l'ordre et la disposition ont pu être exactement déterminés par l'expérimentation physiologique (1).

Les muscles antagonistes du *larynx,* les adducteurs et les abducteurs, présidant les uns à la fermeture, les autres à l'ouverture de la glotte, appartiennent à des classes de muscles de fonction différente : il doit donc exister des centres de représentation distincts pour les fonctions motrices de la *phonation* et pour celles de la *respiration laryngée,* si cette dernière doit d'ailleurs être distinguée, quant à son innervation centrale, de la respiration générale (2). Le centre cortical des mouvements intrinsèques des cordes vocales est situé, chez les singes (macaques), sur le pied de FA, en arrière de l'extrémité inférieure du sillon précentral : les mouvements d'adduction des cordes vocales, toujours bilatéraux, semblent être représentés dans la moitié antérieure de cette aire ; dans la partie postérieure, les mouvements provoqués sont accompagnés de mouvements spéciaux du pharynx (Beevor et Horsley). Jamais Semon et Horsley n'ont observé d'abduction consécutive à l'excitation de ce centre. Sans doute, en dehors de l' « aire focale », on peut déterminer de faibles mouvements d'adduction des cordes du larynx, par exemple en excitant, sur la région de la face, le bord inférieur de la région du bras ou le pied de PA ; les mouvements des mâchoires et de la langue sont aussi souvent associés à ceux du larynx. Mais il y a un point central où la fonction est représentée avec une intensité suffisante pour qu'il soit permis de parler des mouvements propres et intrinsèques de l'organe. Ce caractère paraît même aux auteurs anglais « typique de toute représentation motrice corticale ». Il n'est autre, on le voit, que celui qu'avait déjà indiqué Exner pour dis-

---

(1) Le territoire cortical dont l'excitation strictement localisée détermine l'acte de la *mastication* (*Kauact*) se trouve, chez le lapin, en une aire de six millimètres de diamètre sur la face inférieure et externe du cerveau antérieur. Les limites antérieures dont l'excitation provoque des mouvements mixtes de la *mâchoire* et des *lèvres* est en arrière du point où le *lobus olfactorius* se continue avec le reste du cerveau. E.-G. Carpenter a suivi les fibres de ce faisceau dont les cellules d'origine sont dans ces territoires corticaux à travers la couronne rayonnante, la capsule interne, le pédoncule cérébral, la voie fronto-protubérantielle (*).

(2) Felix Semon et V. Horsley. *An experimental Investigation of the central motor Innervation of the Larynx.* Philos. Trans. of the R. Soc. of Lond., vol. 181, 1890, 195.

(*) Carpenter. *Centren und Bahnen für die Kauerregung im Gehirn des Kaninchen.* Cf. Gad. *Ueber Beziehungen des Grosshirns zum Fressact beim Kaninchen.* Du Bois-Reymond's, Arch., 1891, 541.

tinguer les *centres absolus* des *centres relatifs* de l'écorce cérébrale. Parmi les mouvements du larynx obtenus par SEMON et HORSLEY, ceux de l'*élévation du larynx*, provoqués par une excitation du *lobe frontal* localisée en avant du sillon de ROLANDO, étaient associés à des mouvements de *déglutition* et de *mastication*, ce qui s'explique par la proximité des centres de la face, des mâchoires et de la langue. L'*abaissement du larynx* était déterminé par une excitation localisée en arrière du sillon de ROLANDO.

Quant à la représentation des *mouvements respiratoires du larynx* sur l'écorce du cerveau du chien, l'excitation du gyrus précrucial au-dessus du « foyer » des mouvements d'adduction des cordes vocales, par conséquent au milieu du tiers inférieur du gyrus précrucial, produit une accélération des mouvements respiratoires des cordes vocales, accompagnée de mouvements de même nature du thorax, comme dans la *polypnée* (CH. RICHET)(1). OTT a produit les mêmes mouvements d'accélération de la respiration en excitant la capsule interne. La représentation corticale de ces mouvements paraît d'ailleurs être très étendue sur tout le gyrus précrucial, quoique d'une façon décroissante à partir du centre absolu (FRANÇOIS FRANCK, LÉPINE, BOCHEFONTAINE, DANILEWSKY, GOLDSTEIN, MUNK). Dans l'accomplissement de cet acte, les cordes vocales sont en abduction. L'intensification des mouvements respiratoires des cordes vocales s'obtient par le déplacement des électrodes sur l'extrémité inférieure du gyrus postcrucial. En excitant ces régions de l'écorce, les auteurs ont souvent vu éclater des convulsions épileptiques dont les symptômes étaient semblables à ceux qu'avait vus FRANÇOIS FRANCK : dans le stade tonique, la glotte était fermée, tandis que dans le stade clonique, les cordes exécutaient des mouvements synchrones avec les contractions des muscles respiratoires du thorax et de l'abdomen. Ainsi, au début des convulsions, les cordes vocales sont fortement en adduction, souvent dans un état de tremor où les mouvements d'adduction et d'abduction se confondent, état persistant durant le stade tonique. Dans le stade consécutif, il y a des mouvements cloniques d'adduction existant seuls, à l'état de spasme isolé, de caractère intermittent. Mais, dès 1889, dans une note préliminaire, publiée par le *British medical Journal* (1889, p. 1384), et intitulée *On the central motor Innervation of the Larynx*, FELIX SEMON et VICTOR HORSLEY donnaient pour la première fois l'explication scientifique du *cri épileptique*.

Après avoir fait remarquer qu'avec une excitation très intense ou longtemps continuée de l'*aire corticale du larynx*, l'épilepsie des *cordes vocales*

(1) CH. RICHET. *La chaleur animale*. Paris, 1890. *Travaux du Laboratoire de M.* CH. RICHET. Paris, 1893, 431-469.

ainsi provoquée s'étend graduellement aux muscles de la *face*, du *cou*, de la *tête* et des *extrémités supérieures*, ces auteurs écrivaient : « Nous en concluons que le *cri épileptique* n'est point, comme on l'a cru si longtemps, le résultat d'une décharge partie primitivement de la moelle allongée, mais qu'il représente plutôt un moment de l'excitation corticale (*a stage in the cortical excitement*) appelée vulgairement attaque d'épilepsie. » D'accord avec les observateurs antérieurs, SEMON et HORSLEY n'ont jamais déterminé de convulsions épileptiques des muscles du larynx en excitant les fibres de la couronne rayonnante ou celles de la capsule interne après l'ablation de la substance grise de l'écorce. Ainsi, dans la décharge épileptique du *cortex cerebri*, c'est la représentation phonatrice, volontaire, la représentation des mouvements d'adduction des cordes du larynx, qui se produit invariablement, ce qui apporterait une preuve nouvelle, s'il en était besoin, du caractère supérieur d'évolution de ces mouvements dans l'innervation centrale des fonctions du larynx. « Le spasme de la glotte, avait dit JAMES ROSS, paraît être entièrement dû à une condition irritable du centre respiratoire même, ou à une décharge du cortex du cerveau sur la moelle allongée (1). »

Les *lobes frontaux*, dont le développement est encore plus tardif que celui des centres des extrémités et du langage, conserveraient plus longtemps aussi, selon CRICHTON-BROWNE, leur vigueur fonctionnelle. A cet effet, le savant Anglais rappelle que BACON avait cinquante-neuf ans quand il publia les deux premiers livres du *Novum Organon*, KANT cinquant-sept ans quand parut la *Critique de la raison pure*, HARVEY, soixante-treize quand fut publié son grand ouvrage sur la *Génération*, DARWIN cinquante ans quand il donna l'*Origine des espèces*. CARPENTER, approchant de sa soixante-dixième année, disait à CRICHTON-BROWNE : « J'ai conscience du déclin de ma vie ; mes perceptions s'émoussent et ma mémoire baisse ; je ne pourrais plus la charger de longues suites de mots comme je le faisais lorsque, enfant, j'apprenais ma grammaire latine ; mais je suis convaincu que mon *jugement* est plus clair et plus juste que jamais, et mes sentiments ne sont aucunement affaiblis. » L'involution régressive des *lobes frontaux*, lorsqu'à leur tour ils sont envahis par la mort, ou, si l'on veut, par les processus nécrobiotiques, se manifesterait par des symptômes assez semblables à ceux qui résultent pour certains physiologistes de la destruction ou de l'ablation de ces mêmes lobes chez les singes : perte de l'*attention*, affaiblissement de l'*intelligence*, altérations du *caractère*. Pour CRICHTON-BROWNE aussi, ces lobes seraient « le substratum des processus psychiques

(1) JAMES ROSS. *A Treatise on the diseases of the nervous system*, I, 420 (London, 1881).

qui servent de base aux opérations intellectuelles les plus élevées (1). »

Au nombre de ces physiologistes est DAVID FERRIER. Dès qu'il eut commencé à réfléchir touchant les résultats de ses expériences sur le *lobe frontal*, en localisant dans ce lobe les conditions motrices de l'attention, il se trouva naturellement conduit à y situer ces sortes de facultés ou de pouvoirs d'arrêt et de modération des tendances et impulsions qui, selon le degré d'intensité ou de complexité des représentations acquises et plus ou moins solidement organisées dans le cerveau de l'homme permettent souvent la lutte de l'instinct et de la volonté et, comme dans tout problème de mécanique, assurent toujours la victoire de l'une ou de l'autre force en conflit. Si l'issue de cette lutte est souvent difficile à prédire, c'est que, comme le disait FERRIER, « les centres modérateurs ne sont pas également développés et n'ont point chez tous les hommes reçu la même éducation ». C'était là aussi une idée de MEYNERT : l'homme était d'autant plus « libre » que le nombre de ses motifs d'action était plus grand et que ceux-ci étaient surtout d'ordre plus varié ; s'il n'est pas psychologue, les essaims de motifs qui se lèvent en quelque sorte de toutes parts et l'assaillent au milieu de sa délibération donneront à l'homme le sentiment de sa « liberté ». Cette « faculté modératrice » a donc apparu à FERRIER comme l'élément fondamental et de la « concentration attentive de la conscience » et du « contrôle de la volonté ». Pris à la lettre, tous ces mots de l'École induiraient en de graves erreurs sur la pensée véritable de DAVID FERRIER. Traduits en langage physiologique, ils ne disent rien de plus que ce que FERRIER entend lorsqu'il parle des fonctions motrices de la frontale et de la pariétale ascendantes. L'interprétation ne saurait différer en quoi que ce soit si, aujourd'hui, nous transportons ces notions physiologiques aux centres d'association du cerveau, l'activité de ceux-ci restant subordonnée, anatomiquement comme fonctionnellement, à l'activité des anciens centres de projection de MEYNERT et de WERNICKE. De là l'importance psychologique des centres « moteurs » chez FERRIER.

Si, dit-il, ces centres ne sont pas simplement la base des associations et des acquisitions sensitivo-motrices, s'ils sont aussi le fondement des facultés de « concentration » et de « contrôle » de l'idéation, on doit s'attendre à trouver un développement relativement élevé de ces mêmes centres moteurs, c'est-à-dire des lobes *frontaux*, comparés à ceux de la sensibilité, chez les animaux et dans les hommes capables des fonctions les plus élevées de l'intelligence. Qu'une pareille relation doive exister entre « le cerveau et l'esprit », c'est « plus que probable », conclut déjà FERRIER, non sans une sage réserve scientifique, mais avec une rare puissance de divination, à une époque déjà éloignée du temps présent, alors que ces grandes études des fonctions du cerveau, dont il est un des pères et des créateurs, ne

(1) *La vieillesse*. Rev. scientif., 6 février 1892.

pouvaient faire prévoir les sûres conquêtes réalisées depuis, dans ce domaine de la connaissance, par de nouvelles méthodes d'investigation des centres nerveux.

Quoique L. Bianchi qui, depuis 1889, a publié sur l'anatomie et la physiologie expérimentale du *lobe frontal* des travaux très dignes d'être lus, s'élève à la fois contre les conceptions, pourtant si différentes, de David Ferrier et de Flechsig, sans parler de celle de Munk, il est pourtant au fond d'accord avec Flechsig et ne me semble pas si éloigné de s'entendre avec Ferrier. Ainsi qu'on le verra par l'exposé très bref des faits originaux qui résultent de sa première étude des dégénérations descendantes intrahémisphériques consécutives à l'ablation des lobes frontaux, ou plutôt préfrontaux, cette grande province du cerveau apparaît décidément comme un centre d'association : « Ces premières recherches, écrit Bianchi lui-même, démontrent que le *lobe frontal* ne possède qu'un nombre très restreint de fibres de projection. Il possède au contraire une vaste couronne rayonnante associative, dont les fibres se distribuent à la *zone motrice* et aux *zones sensorielles,* en particulier au *lobe occipital* par l'intermédiaire du faisceau fronto-occipital, au *lobe temporal* surtout au moyen du faisceau arqué, de la *capsule externe,* et peut-être aussi par l'intermédiaire du *fasciculus uncinatus* et de la *capsule externe.* » Le lobe frontal est donc bien, pour Bianchi comme pour Flechsig, un des centres d'association du manteau cérébral. « Si, par centre d'association, Flechsig entend un centre de fonction supérieur au regard des autres centres avec lesquels il soutient des rapports, nous pourrions tomber d'accord. » Mais c'est précisément la doctrine de Flechsig sur les centres d'association du cerveau que formule le savant professeur de l'Université de Naples. D'autre part, lorsqu'il soutient que la fonction du lobe frontal n'est point celle d'un « simple centre moteur », que c'est un centre d'activité auquel toutes les aires sensorielles et sensitivo-motrices de l'écorce fournissent ses matériaux, lorsqu'il ajoute que, jusqu'à preuve du contraire, cette fonction consiste spécialement dans la synthèse physiologique de tous les éléments sensibles et moteurs dont est formée une personnalité psychique, dans « un *pouvoir régulateur* exercé sur tous les autres centres dont le *lobe frontal* tire les matériaux de sa propre activité fonctionnelle, si bien qu'il devient pour cette raison l'*organe le plus immédiat de la conscience* et de la mémoire, c'est-à-dire de la *personnalité* dans l'espace et dans le temps (1) », j'avoue n'apercevoir aucune antinomie entre cette conception et celle de Ferrier.

---

(1) L. Bianchi. *Sulle Degenerazioni discendenti endoemisferiche seguite alla estirpazione dei lobi frontali.* 1ª *Communicazione.* Annali di Neurologia, an. XIII, 1895. — *The Functions of the frontal Lobes.* Brain, 1895, 497-522.

Les expériences de L. Bianchi ont été instituées sur douze singes et six chiens. Pour déterminer la zone préfrontale, il ne s'est point astreint, comme Munk, à observer les limites naturelles des sillons, s'inspirant sans doute des idées de Schäfer (1). Aussi, déclare-t-il n'avoir pas toujours atteint le *sulcus praecentralis* chez les singes. Pour fixer la ligne de section, il s'est laissé guider par les réactions électriques de cette région du lobe frontal ; cette limite n'a donc pas été identique dans toutes les expériences ; elle a varié avec les différences individuelles présentées par les animaux et les détails de l'opération. D'accord avec les observateurs antérieurs, Bianchi a trouvé tout à fait inexcitable, *avec des courants d'égale intensité*, la convexité du lobe frontal située en avant de l'aire motrice de la *tête*, de la *nuque* et de l'*iris* ; l'excitation du pied de F_1 a produit non seulement une légère rotation de la *tête* du côté opposé, mais aussi un mouvement latéral de déplacement du *tronc* au niveau de la région lombaire. Les mouvements conjugués des yeux n'accompagnent pas toujours la déviation de la tête. L'excitation de l'aire inférieure est suivie d'une élévation des *paupières* avec dilatation des *pupilles*.

Au Congrès de médecine interne de Rome de 1894, Bianchi présenta un des singes auxquels il avait enlevé les lobes frontaux. Plusieurs membres du Congrès, en examinant l'animal, ne trouvèrent point chez lui les perceptions des sens très altérées. D'ailleurs, la perception sensible est une chose, la conscience du moi, la synthèse psychique en est une

---

(1) Selon Schäfer, les sillons qui délimitent plus ou moins nettement les circonvolutions ne sont point des limites véritables des aires fonctionnelles de l'écorce. Les limites physiologiques, on les rencontre aussi souvent, dit le savant Anglais (*), sur les sommets des circonvolutions, sortes de lignes de partage des eaux, qu'au fond des sillons. Le sillon de Rolando lui-même, malgré sa profondeur et la précocité de son apparition, n'est pas une ligne de séparation pour les masses grises qui le bordent : l'excitation de ses deux circonvolutions marginales provoque des mouvements des mêmes membres ou segments de membres. Il en est ainsi pour le *sulcus praecentralis* et pour des sillons plus humbles. La région motrice ou excitable de l'écorce cérébrale possède sans doute, dans son ensemble, des frontières bien arrêtées, au moins, sur la face interne, dans la scissure calloso-marginale ; sur la face externe, dans la scissure intrapariétale et la scissure de Sylvius ; vers la région frontale, il n'existe pas de limite nette. La région antérieure du lobe frontal, ou *préfrontale*, fait partie, selon Ferrier, de la zone motrice corticale en rapport avec les mouvements de la tête et des yeux, quoique d'ordinaire son excitation demeure sans effet. Schäfer remarque encore que la situation topographique des centres et territoires dont l'excitation provoque des mouvements déterminés n'est pas invariablement la même sur les différents cerveaux ; la situation relative de ces centres est seule essentiellement invariable. Pour O. Eberstaller, la *formation des circonvolutions cérébrales* résulte, non de causes extérieures et d'influences mécaniques, telles que la boîte crânienne, les vaisseaux, etc., mais de conditions internes, physiologiques, si bien que l'étendue relative d'un territoire cortical est en rapport avec l'importance de sa fonction ; *c'est toujours la fonction qui crée l'organe :* « On peut en toute sûreté soutenir cela au point de vue anatomique et le justifier par un très grand nombre d'exemples, empruntés aussi bien d'ailleurs à l'anatomie du cerveau qu'à celle de toute autre partie du corps » (**). Si donc la *formation des scissures* doit être interprétée comme un effet de l'extension croissante de la surface de l'écorce, non comme l'établissement de frontières entre les différents territoires physiologiques (ce qui peut d'ailleurs se concilier avec une vascularisation sanguine plus abondante et ce qui est même impliqué par ce développement), on s'explique l'obliquité en arrière d'une scissure telle que la scissure de Rolando, par exemple, sous la poussée d'un territoire cortical qui, comme le *lobe frontal*, est devenu de plus en plus vaste au cours de l'évolution du cerveau antérieur des singes et de l'homme.

(*) E.-A. Schäfer. *Ueber die motorischen Rindencentren des Affen-Gehirns. Beiträge zur Physiologie... gewidmet von seinen Schülern.* Leipz., 1887, p. 269.

(**) O. Eberstaller. *Das Stirnhirn*, p. 33.

autre (Sergi). Bianchi répondit à cette objection en faisant remarquer qu'il ne s'agissait pas ici d'une perte de perceptions élémentaires, mais de perceptions complexes, d'un ordre plus élevé, dont les perceptions élémentaires sont seulement les conditions. Tamburini trouva les faits rapportés par Bianchi en parfait accord avec ceux de l'anatomie pathologique de la paralysie progressive des aliénés et de la démence en général, où l'on constate toujours une « atrophie de la partie la plus antérieure des lobes frontaux », ou *région préfrontale*, « dans les cas où la lésion a spécialement retenti sur les facultés de l'*attention* et de l'*association* ». Une commission fut nommée, composée de Hitzig, Tamburini, Mendel, Pitres, Sciamanna, Sergi, Kurella, Mingazzini, pour examiner le singe présenté par Bianchi. L'*autopsie* démontra que la partie antérieure des lobes frontaux avait été largement enlevée. Mais l'observation psychologique du singe ne décela point de changement considérable dans la personnalité de l'animal : il avait conservé l'agilité de ses mouvements, la vue, l'audition, ses principaux instincts. Il fut toutefois reconnu qu'il se trouvait dans un état d'infériorité psychique relativement aux êtres normaux de son espèce, de par l'altération de ses perceptions et l'affaiblissement de son discernement. Un examen prolongé aurait peut-être permis, d'ailleurs, admirent les membres de la commission, de découvrir de plus grands désordres, en particulier dans la sphère psychique. La Commission n'avait donc confirmé qu'en partie les résultats annoncés touchant les altérations du *caractère* et de l'habitus psychique de ce singe. Bianchi n'en fut point surpris, dit-il, car il avait observé ses singes amputés des lobes frontaux durant des mois et des années, et la Commission n'avait pu disposer que de quelques heures. Quoi qu'il en soit, Mingazzini ayant demandé si, au cours de ses expériences d'ablation des lobes frontaux, ablations dont l'étendue varia, Bianchi n'avait pas noté un rapport entre l'étendue des destructions et la nature aussi bien qualitative que quantitative des phénomènes psychiques consécutifs, ce physiologiste répondit que chez les singes opérés par lui « les désordres intellectuels avaient toujours été proportionnels à l'extension de la lésion des *lobes frontaux*. »

Les *lobes frontaux* représentent donc, pour Bianchi, l'organe où se coordonnent finalement : 1° les effets de l'activité des neurones sensoriels et moteurs des différents centres de l'écorce cérébrale, et 2° les états affectifs qui accompagnent les différentes perceptions, images, etc., d'où résulte ce qu'on appelle le « ton psychique » d'un individu. En regard des autres neurones de l'écorce, les neurones des lobes frontaux représentent ainsi des éléments nerveux d'un ordre supérieur (*di piu alta dignità*). L'extirpation de ces lobes réalise la *désagrégation* de la personnalité résultante, en abolissant toute possibilité d'évocation d'ensemble des groupes d'images ou représentations dont les éléments sont isolément localisés dans les sphères de la sensibilité, dans les aires *pariéto-temporo-occipitales*. Avec la ruine de l'organe de la *synthèse* mentale, le fondement même, la base anatomique et les conditions physiologiques du jugement, s'écroulent. L'inquiétude, la confusion, l'incohérence des mouvements, chez les animaux dont les lobes frontaux ont été enlevés, Bianchi les explique en montrant les ondes nerveuses, dues aux impressions actuelles, se perdant en quelque sorte dans les faisceaux d'association mutilés, rompus, dégénérés. La peur, qu'il a constamment observée chez ces

animaux, est un effet immédiat de cette « désagrégation psychique » ; elle indique une perte des sensations de la conscience du moi, de la perception, du jugement. Ainsi que l'huître ferme les valves de sa coquille au passage d'un nuage, le singe pousse des cris devant un semblant d'attitude hostile de son gardien, incapable de deviner sur la physionomie de cet homme l'expression de la bienveillance. Et avec la conscience de sa propre force, avec l'appréciation rapide de celle de son adversaire, il a perdu jusqu'à l'idée d'attaquer ou de se défendre. Il ne faut pas confondre avec le « courage » les « impulsions » qu'on observe chez les épileptiques, les aliénés et les idiots. Affection, amitié, reconnaissance, sociabilité, tous ces sentiments sont éteints, en même temps que « l'avidité et l'insatiabilité sans discernement ni mesure semblent croître ». Bref, il existe une « dissolution de la personnalité psychique. »

Tous les faits qu'il a observés après l'ablation du lobe préfrontal ne sauraient, Bianchi y insiste, être rapportés à des lésions de déficit dans la motilité de la *tête* et des *yeux* (Ferrier), à une paralysie des muscles du *tronc* (Munk), à une perte des perceptions simples ou élémentaires. Il s'agit bien d'une désagrégation ou dissolution de la personnalité psychique. Mais les lobes frontaux, qui représentent pour lui l'organe de la synthèse physiologique des lois de l'association, ne seraient pas davantage le centre de l'*attention* ou de l'*inhibition*. « Les lobes frontaux ne sont pas un centre d'inhibition, comme le professe Ferrier ».

Sans doute, il est judicieux de ne pas plus parler d'un centre d'inhibition psychique que d'un centre de l'intelligence localisés dans le *lobe frontal*.

L'intelligence résulte de l'activité de tous les neurones d'association du manteau, dont elle est la somme ou le total, variable et variant, d'ailleurs, à chaque instant, avec l'état de la nutrition de ces neurones. Si elle a son siège dans les grands centres d'association postérieur, antérieur et moyen de Flechsig, en tant qu'elle ne peut être que la résurrection des résidus de toutes les perceptions sensibles, la résultante de toutes les images nées et projetées de ces perceptions, les conditions de sa production sont partout dans l'économie, dans les régions corticales et sous-corticales du cerveau comme dans le reste du névraxe.

Il n'existe pas davantage naturellement de centre d'inhibition psychique ou intellectuelle. L'inhibition est aussi une propriété générale du système nerveux tout entier, chaque centre ou ganglion constituant le myélencéphale étant tour à tour inhibiteur ou inhibé. Bianchi a exprimé en particulier cette idée en 1885, en réfutant la théorie des interférences nerveuses proposée pour l'interprétation des actions d'arrêt ou d'inhibition. Il pense qu'il s'agit plutôt d' « un afflux des ondes nerveuses vers une région du cerveau, » de nature sensorielle ou motrice, excitée par un stimulus déterminé

ou par une représentation mentale, d'où résulterait, pour les autres parties du système nerveux demeurées en dehors de cette aire d'excitation, un état fonctionnel hypoesthésié et inapte à l'accomplissement de leurs fonctions respectives. Chacune des zones corticales du cerveau peut devenir et devient ainsi à son tour, sous l'influence de la distribution inégale des ondes nerveuses, un centre d'inhibition pour les autres. Si, chez la majorité des hommes, la pensée abstraite est accompagnée d'un effet marqué d'inhibition, la cause en est que « les concepts de ce genre résultent d'un nombre extraordinairement grand de facteurs psychiques des plus élémentaires, déterminant, dans cette infinité d'éléments nerveux, les mêmes processus moléculaires qui ont, à l'origine, concouru à la formation de ces concepts. »

Mais, si les lobes frontaux ne sont qu'une sorte de vaste synthèse organique des matériaux qu'apportent à ces centres toutes les aires fonctionnellement différenciées de l'écorce cérébrale, si bien que l'individu psychique qui en résulte, avec sa conscience plus ou moins claire, plus ou moins étendue, plus ou moins complexe, est en somme une manière de projection du névraxe, qui vaut ce que valent ses nerfs de sensibilité générale et spéciale et ses ganglions centraux, les centres de sa moelle épinière, de son bulbe, de son cervelet, de ses tubercules quadrijumeaux et de ses corps genouillés, de ses vastes régions sous-thalamiques et de ses couches optiques, bref, de ses cerveaux postérieur, moyen, intermédiaire et antérieur, pourquoi le lobe frontal ne serait-il pas un centre d'inhibition, un centre modérateur, un centre de retardement, une sorte de frein ou d'arrêt de réflexes plus élémentaires, c'est-à-dire moins complexes, que ceux qui forment la trame de la vie de ce lobe frontal, dont tous les processus, même les plus élevés et les plus rares, ne peuvent toujours être, en dernière analyse, que des réflexes tendant à s'organiser, au cours de l'évolution organique, en de purs actes automatiques ? Sans doute, il est bien inutile d'admettre l'existence de nerfs et de centres d'arrêt spéciaux pour l'interprétation des phénomènes d'inhibition, car, partout où il y a des actions réflexes, l'excitation des nerfs afférents peut déterminer soit une augmentation d'excitabilité du centre nerveux, soit une diminution de cette excitabilité, soit un arrêt complet de la fonction de ce centre, qui tend naturellement à se décharger par la voie ordinaire de ses nerfs efférents. Tout stimulus qui atteint un point quelconque de l'organisme altère, c'est-à-dire modifie l'état tout entier du système nerveux, et souvent même celui des tissus contractiles de toutes les parties du corps, déterminant, suivant les cas, des phénomènes de dynamogénie ou d'inhibition : ce grand principe, Brown-Séquard l'a établi et démontré. L'*Hemmung* et la *Bahnung* d'Exner ne sont pas autre chose. Et ces lois

générales du système nerveux se vérifient expérimentalement pour les ganglions de la moelle épinière comme pour les cerveaux antérieur, intermédiaire ou moyen.

L'excitation de l'écorce cérébrale des zones *préfrontales,* dites jusqu'ici « inexcitables », du cerveau du chien ou du singe, exerce une influence d'inhibition sur l'activité des racines spinales. Après l'ablation de l'écorce de ces mêmes régions, la modification dans le degré de cette influence d'arrêt, constante, se manifeste par des différences dans la durée du temps de réaction latente et dans l'intensité des phénomènes consécutifs. Ruggero Oddi (1894), ainsi que les auteurs que nous allons citer, a montré que le cerveau *préfrontal* et la *moelle épinière,* tenus si longtemps pour inexcitables aux stimuli physiques (*aree mute ed ineccitabili*), sans doute parce que leur excitation produit des effets d'inhibition, non de dynamogénie, réagissent à ces stimuli. Même en appliquant de très forts courants sur les zones postérieures (*zone posteriori della corteccia cerebrale*) de l'écorce cérébrale, il n'avait pu noter de variations appréciables dans le tracé graphique des muscles en expérience (1). Quelles sont les voies nerveuses de la moelle épinière par lesquelles se propage cette influence inhibitrice du cerveau ? L'inhibition continue à se manifester même après la section des cordons latéraux, pourvu que les cordons antérieurs restent intacts. De même, si la section porte primitivement sur les cordons antérieurs en épargnant les cordons latéraux. L'action d'arrêt ou de retard s'exerce donc par la voie des *cordons latéraux* et par celle des *cordons antérieurs,* en particulier par celle-ci. La section des *cordons postérieurs* et de la *substance grise* n'influe pas sur la production du phénomène. L'excitation des zones préfrontales du même côté déterminerait, elle aussi, une action inhibitrice très nette.

« Le cerveau, écrit Oddi, peut donc inhiber la moelle et les nerfs périphériques, non seulement par la voie croisée, mais aussi par la voie directe » (p. 128). Si, au moyen de courants d'une intensité suffisante, on provoque, au lieu d'une inhibition, une attaque d'épilepsie, ce qui est facile, surtout chez les chiens, les zones inhibitrices du cerveau préfrontal perdent, en grande partie ou totalement, après cette attaque, leur puissance d'inhibition. Il est même souvent difficile d'obtenir, avec certains chiens, des phénomènes d'inhibition par excitation corticale, l'application du stimulus électrique étant presque toujours suivie par l'explosion d'une attaque franchement épileptique. L'étude des fonctions du ganglion de la base, du cervelet et du bulbe, d'après la méthode expérimentale et toujours relativement aux actions d'inhibition ou d'arrêt, n'était pas encore terminée par Oddi. Quant à l'action inhibitrice de la moelle épinière comparée à celle du cerveau, telle qu'elle se manifeste

(1) Ruggero Oddi. Atti della R. Accad. dei Lincei, an. CCXCII, 1895, sect. V. *Rendiconti* — vol. IV. Roma, 1895, 118-125.

lorsqu'on excite une surface de section périphérique de la moelle, soit entre la dernière vertèbre dorsale et la première lombaire, soit dans la région cervicale au-dessous du bulbe (avec la respiration artificielle), voici les caractères de cette action : après un temps d'excitation latente, beaucoup plus court pour la région dorsale que pour la cervicale, beaucoup plus brève en général que pour le cerveau, les courbes de contraction varient tellement que, le plus souvent, elles disparaissent entièrement. Après l'excitation, l'inhibition ne cesse pas aussi rapidement que c'est le cas pour le cerveau : elle persiste un peu. L'inhibition spinale, comparée à l'inhibition cérébrale, se manifesterait donc beaucoup plus vite, elle serait plus intense, elle persisterait aussi davantage. ODDI a toujours obtenu une action d'arrêt très nette sur l'activité de la racine spinale en expérience. Comme l'action inhibitrice qu'exercent les racines spinales postérieures sur les racines spinales antérieures est beaucoup plus intense et plus persistante lorsque la moelle a été sectionnée que lorsqu'elle est en rapport avec le cerveau, il résulterait de ces dernières expériences, dues à POLIMANTI et que signale ODDI lui-même, que « le cerveau possède aussi une action *régulatrice* de l'activité inhibitrice spinale ».

Ces expériences démontreraient que des parties du système nerveux telles que le *lobe préfrontal* et la *moelle*, regardées comme inexcitables (*ineccitabili*) aux stimuli physiques directs — nous insistons sur ce point, selon nous d'une grande fécondité pour l'étude des fonctions du cerveau, et directement applicable aux faits observés par HORSLEY sur le cerveau de l'Orang-Outang, — possèdent au contraire une excitabilité semblable à celle du reste de l'encéphale, et que les résultats négatifs jusqu'ici obtenus n'étaient qu'apparents. Sur l'écorce du cerveau antérieur en particulier, ces régions sont, comme le pensait HORSLEY, les plus différenciées : ce sont nos centres d'association corticale. L'excitation de ces centres n'en est pas moins réelle et efficace pour ne se manifester qu'après avoir propagé leur activité dans les centres de projection et réagi, par l'intermédiaire de ceux-ci, sur les différents centres du myélencéphale, réaction à distance, toujours plus ou moins ralentie par le nombre et surtout par la complexité des relais nucléaires interposés, réalisant plus ou moins les conditions physiologiques de ce qu'on nomme arrêt ou inhibition, de ce qui n'est au fond qu'un retardement.

La démonstration expérimentale des fonctions « inhibitrices » des lobes *préfrontaux* sur la moelle épinière a été continuée par GIULIO FANO et GIOV. LIBERTINI.

Avant de faire connaître les résultats obtenus par LIBERTINI, dans le laboratoire de Florence, touchant la localisation corticale des centres d'inhibition du cerveau, avec un appareil spécial construit d'après les indications de GIULIO FANO, nous devons rappeler les termes mêmes du problème qu'il s'était proposé d'étudier. Ces mécanismes, ces appareils capables d'arrêter ou de modérer les actions réflexes du bulbe et de la moelle, que SETCHÉNOFF et les anciens physiologistes avaient localisé dans le cerveau moyen des animaux inférieurs, il s'est proposé de les chercher et de déterminer leur siège dans le cerveau des animaux supé-

rieurs. (A ce sujet il faut regretter qu'il n'ait pu expérimenter sur des singes). Pour critérium expérimental de cette localisation, il admit le principe que les régions capables de modifier le temps réflexe médullaire, ou les centres de retard ou d'arrêt de l'écorce, sont évidemment ceux dont l'ablation produit une accélération constante et nettement appréciable de ce même temps réflexe médullaire. D'où la nécessité de commencer par déterminer quel est, pour chaque animal, à l'état normal, le temps réflexe, dans un arc diastaltique donné, puis de répéter la même expérience après l'ablation d'une partie du cerveau antérieur. Les chiffres suivants expriment une moyenne de nombreuses déterminations qui donnaient des valeurs très constantes :

1° Le temps réflexe du *membre antérieur,* chez le chien normal, oscille de 32,6 à 36,9 millièmes de seconde; 2° Pour le *membre postérieur,* le temps réflexe est moindre; il oscille entre 27,9 et 32 millièmes de seconde (1); 3° L'extirpation du *lobe frontal gauche* entraîne une notable diminution du temps, qui n'est plus, quelques jours après l'opération, pour le membre antérieur, que de 23,8 à 26,1 millièmes de seconde; 4° L'extirpation du *lobe occipital* diminue également le temps réflexe, mais moins notablement que le lobe frontal : après cette opération le temps oscille entre 27,4 et 31,3 millièmes de seconde: 5° La *zone motrice* n'a, on peut le dire, aucune action sur le temps réflexe, car les différences minimes observées peuvent être attribuées à des lésions fonctionnelles des lobes voisins; 6° L'ablation du *lobe frontal droit,* consécutivement à celle du gauche, entraîne une accélération du temps réflexe, mais beaucoup moins notable que celle qui a été observée après la première ablation de ce lobe ; 7° Les membres postérieurs ressentent très faiblement l'influence des lésions corticales : le temps de réaction oscille, pour les membres postérieurs, après l'ablation : *a,* pour le lobe frontal, entre 28,7 et 30,4 millièmes de seconde; *b,* pour le lobe occipital, entre 27,6 et 30,1 ; 8° Le lobe gauche agit indifféremment sur les membres des deux moitiés (2).

Voilà pour ce qui a trait aux effets qui suivent l'*ablation* des différents lobes du cerveau et en particulier du lobe frontal. Voici maintenant les résultats des expériences personnelles de GIULIO FANO portant sur l'*excitation* de l'écorce ; outre la durée du temps de réaction, l'auteur a déterminé graphiquement l'ampleur de la réaction motrice. Le courant induit, très sensible à la langue, et dont l'intensité était nécessaire pour obtenir les résultats suivants, *était notablement plus fort* que celui qui suffit d'ordinaire pour exciter la zone motrice, car, appliqué à cette région, ce courant provoquait de fortes convulsions épileptoïdes :

1° L'excitation du *lobe préfrontal* détermine souvent, mais non toujours, une dépression notable dans la hauteur de la courbe myographique ; 2° Des recherches ultérieures

(1) Un fait analogue avait déjà été observé par NOVI et GRANDIS, qui travaillèrent sous la direction de LUCIANI. *Sul tempo di eccitamento latente per irritazione cerebrale e sulla durata dei riflessi in diverse condizioni sperimentali.* Riv. sperim. di fren., XIII, 1887.

(2) GIOV. LIBERTINI. *Sulla localizzazione dei poteri inibitori nella corteccia cerebrale. Ricerche sperimentali.* Archivio per le scienze med., vol. XIX. Cf. Arch. ital de biol., XXIV, 1895, 438 sq.

établiront la durée de la contraction. Les actes réflexes consécutifs à l'excitation du membre correspondant ont une plus courte durée quand, en même temps, on excite l'écorce de la région *préfrontale* ; 3° Le temps de réaction est presque toujours notablement plus long quand l'excitation est efficace, il est ou égal au temps normal ou moindre quand elle est inefficace ; 4° Une excitation du lobe préfrontal par le courant induit d'une durée de 5″ provoque une dépression dans l'activité réflexe qui persiste pendant environ 3′ ; après cet intervalle de temps la réaction motrice redevient d'intensité normale ; 5° Tout ce qui vient d'être dit concerne le membre antérieur du côté opposé à celui de la lésion. Pour le membre antérieur du même côté, les faits sont analogues, mais moins accusés. Dans le membre postérieur, on peut observer quelquefois une diminution dans la hauteur de la courbe, jamais une augmentation du temps latent ; 6° L'excitation du *lobe occipital* donne des résultats très variables, qui méritent un examen attentif ; 7° Quant à la *zone motrice,* on n'y observe rien qui rappelle les effets de l'excitation des lobes préfrontaux. D'ailleurs en employant des courants relativement énergiques, comme il a été dit, l'excitation de la zone motrice provoquait des convulsions épileptiformes (1).

De ces recherches expérimentales qui ont permis à G. FANO de faire aussi quelques observations originales sur la vie psychique des animaux décérébrés (chiens et singes), il ressort que « l'écorce cérébrale exerce une action tonique inhibitrice sur la moelle épinière », par suite de laquelle les actes réflexes de cette dernière sont retardés et affaiblis (2) : « cette *propriété inhibitrice* n'est pas uniformément distribuée sur l'écorce cérébrale ; elle est prédominante dans le *lobe frontal,* beaucoup moindre dans le *lobe occipital,* presque nulle dans la région *pariéto-temporale* » (p. 117). Dans ce travail, FANO se représente cette force, « ce pouvoir inhibiteur », comme une sorte de vibration nerveuse qui, partant de l'écorce, se propage en s'affaiblissant graduellement le long de la moelle épinière. En effet, à l'état normal, le temps réflexe du membre antérieur est plus long que celui du membre postérieur : à la différence du premier, ce dernier ressent à peine l'influence des extirpations et des stimulations corticales. La région antérieure de l'écorce du cerveau réagit d'ordinaire aux stimuli en augmentant sa capacité ou sa puissance d'inhibition. Celle-ci peut d'ailleurs présenter des oscillations indépendamment des excitations externes. Ces excitations rendent manifeste cette propriété de la « zone frontale du cerveau » que FANO appelle « rétentive » (*capacità retentiva*),

---

(1) GIULIO FANO. *Contributo alla localizzazione corticale dei poteri inibitori.* Atti della R. Accad. dei Lincei, an. CCXCII, 1895, vol. IV, p. 115. Cf. Arch. ital. de biol., l. l.

(2) FANO avait déjà observé des phénomènes d'arrêt ou de retard de même nature chez *Emys Europaea.* Cf. *Recherches expérimentales sur un nouveau centre automatique dans le tractus bulbo-spinal.* Arch. ital. de biol., III, 1883. *Saggio sperimentale sul meccanismo dei movimenti volontari nella testuggine palustre.* Firenze, 1884. *Sul nodo deambulatorio bulbare.* Genova, 1881. FANO e LOURIE, *Contributo sperimentale alla psico-fisiologia dei lobi ottici nella testuggine palustre.* Riv. speriment. di fren., 1885.

mot qui, à l'instar de ceux d'arrêt ou d'inhibition, traduit plutôt l'apparence que la nature vraie du phénomène. Car toute action d'arrêt n'est au fond qu'une action de retardement, et l'effet de ce retard dérive, non d'une fonction spéciale du système nerveux, telle que serait celle de prétendus centres d'inhibition, mais du passage d'un courant nerveux à travers plusieurs ganglions ou relais nucléaires. Comme, dans chacun de ces relais, les fibres du faisceau afférent se terminent en s'arborisant autour des dendrites des cellules d'origine du faisceau efférent, et que peut-être même des neurones d'association intermédiaires s'interposent encore dans le ganglion, on s'explique le *retard*. Le *lobe frontal,* centre d'association, ne peut agir sur la moelle épinière que par l'intermédiaire d'un centre de projection, c'est-à-dire ici par les centres dits moteurs des régions rolandiques où se trouvent les cellules d'origine du faisceau pyramidal. Quoique Fano ne s'explique pas à ce sujet et emploie, comme la plupart des physiologistes, des termes décidément inexacts pour désigner les effets résultant de l'excitation des centres d'association du cerveau, nous avons cru devoir ajouter ce court commentaire à l'exposition des expériences, encore incomplètes d'ailleurs, de ce physiologiste. La conclusion de sa Note c'est que, en outre des fonctions qu'il appelle « psycho-sensorielles ou sensitives » et « psycho-motrices », on doit admettre dans l'écorce des « fonctions inhibitrices », également localisées. Celles-ci acquerraient même un caractère de *psychicité* d'autant plus élevé qu'on les rencontre au *maximum* « là où d'aucuns localisent les fonctions les plus élevées de l'*intelligence,* à un degré moindre dans la *région sensorielle,* et qu'elles sont presque nulles dans la zone motrice. »

Hypothèses de Flechsig sur les fonctions des lobes frontal et pariétal, du lobe ou circonvolution du corps calleux, et du lobe de l'hippocampe. — Il n'y a plus, écrivait Flechsig en 1896, un organe de l'intelligence, le lobe frontal : il y en a trois, ou au moins deux, — ce qui est une façon de parler d'ailleurs aussi fâcheuse que celle dont s'était servi Broca pour désigner le *lobe frontal.* Flechsig appelle « organes de l'intelligence » non seulement le *lobe frontal,* « centre d'association antérieur », mais aussi et surtout précisément les trois provinces démembrées du vieil empire, si dédaignées de Broca, je veux dire du lobe pariétal des mammifères, le « grand centre d'association postérieur, pariéto-occipito-temporal ». C'était autrefois une opinion très répandue (peut-être l'est-elle encore) que le lobe ou cerveau frontal était particulièrement propre à nous renseigner sur la nature et l'étendue de l'intelligence ; il fallait y chercher le siège de toute activité psychique supérieure ; Gall y avait localisé, entre beaucoup d'autres, la faculté d'induction.

« D'après mes recherches, écrit Flechsig, il y a bien en réalité dans le lobe frontal un centre psychique (*ein geistiges Centrum*) ; mais il existe, en outre, d'autres organes encore de la pensée (*Denkorgane*), dont un, particulièrement étendu, se trouve localisé sous les bosses pariétales. » Les fonctions olfactives des circonvolutions orbitaires du lobe frontal et les fonctions sensitives des circonvolutions centrales sont les seules dont les rapports avec le centre d'association frontal antérieur (F^1 et F^2 en grande partie et le *gyrus rectus*) soient certains et assurés, encore qu'il ne semble point douteux que ce grand centre ne doive être en connexion anatomique



Fig. 16.

et fonctionnelle avec toutes les sphères de sensibilité générale et spéciale. L'attitude de la station suppose très vraisemblablement, chez l'homme, l'intégrité de certains territoires corticaux de la région du tronc (*Rumpfregion*) en particulier, qu'on localise dans la F^1. La hauteur du front, si elle dépend en partie de l'étendue du centre d'association antérieur, dépend surtout de la grandeur de la sphère sensitive, au sens de Munk et de Flechsig, c'est-à-dire du territoire cortical où retentissent et s'irradient tous les modes de la sensibilité générale des téguments externes et internes du corps : toucher, pression, température, douleurs, etc., sensations des muscles, des articulations, des tendons et des aponévroses, des viscères, des glandes à sécrétion interne et externe, etc. L'étendue de cette sphère sensitive (*Fühlsphäre* ou *Körperfühlsphäre*), qui détermine la hauteur et la largeur du front, serait simplement en rapport avec la grandeur du corps. « Cette hauteur du front, on le voit déjà, dit Flechsig, ne

saurait donc servir de mesure pour apprécier l'intelligence, alors même qu'on ferait abstraction des puissants organes intellectuels situés dans les parties postérieures du cerveau, » c'est-à-dire dans le grand centre pariéto-occipito-temporal (fig. 16).

Si les régions antérieures du cerveau de l'homme sont si développées, si elles l'emportent à cet égard sur celles des singes supérieurs, ce qui est bien par conséquent un caractère propre du cerveau humain, c'est, non pas parce que son intelligence est la plus vaste et la plus élevée, mais parce que la sphère de sa sensibilité générale dépasse en étendue tous les autres territoires de la sensibilité (visuelle, acoustique, olfactive, etc.). Le centre cortical de l'audition n'a, suivant Flechsig, qu'un petit nombre de connexions connues avec les ganglions de la base du cerveau ; ce savant incline même à voir dans cette circonstance « la condition du caractère plus idéal des impressions de l'ouïe », qui fait de la musique l'intermédiaire naturel des sentiments de l'âme humaine. Au contraire, le territoire cortical du sens de l'olfaction, si étroitement uni avec les instincts inférieurs, possède les connexions les plus étendues avec les ganglions de la base, remarque en accord cette fois avec les idées de Broca sur la nature des fonctions de cette région du manteau. Chez les mammifères macrosmatiques, c'est l'écorce des centres olfactifs, le grand lobe limbique, qui l'emporte ainsi « absolument en étendue sur tous les autres territoires » du cerveau antérieur. De même, chez quelques singes catarhiniens inférieurs, la sphère corticale de la vision est d'une étendue relative vraiment extraordinaire. Dans ce grand lobe du corps calleux (*gyrus fornicatus*), dont l'étude restera toujours attachée au nom de Paul Broca, on constate l'existence, sur toute la *moitié antérieure*, de très grosses *cellules fusiformes*, telles qu'il ne s'en rencontre nulle part ailleurs dans le reste de l'écorce cérébrale. Les sens chimiques, tels que la vue et l'odorat, se distinguant surtout, au regard des sens mécaniques, comme le tact et l'ouïe, par une structure histologique spéciale de leurs territoires corticaux, on inclinerait à penser que la moitié antérieure du *gyrus fornicatus* doit servir de substratum à un sens chimique, peut-être au *goût*. En tout cas, comme l'*odorat*, le *goût* fait bien partie, par les rapports qu'il soutient avec la cinquième paire, de cette sphère de la sensibilité générale (*Körperfühlsphäre*) où peuvent être perçues les sensations élémentaires des tendances et des instincts primordiaux de la nutrition, sensations dans lesquelles les sens de l'olfaction et du goût jouent un si grand rôle : ces deux sens sont, on le sait, affectés dans l'hémi-anesthésie de Türck.

Cette localisation paraît infiniment plus naturelle que celle que propose Flechsig relativement au siège de la *douleur* dans ce même *gyrus fornicatus*,

le lobe du corps calleux de Broca. La raison que donne l'éminent anatomiste de Leipzig pour dissocier la sensation de douleur des autres modes de la sensibilité générale est celle qu'on rencontre chez tant d'auteurs : les sensations de douleur (*Schmerzempfindungen*) ne sont par perçues en même temps que celles de contact (*Tastempfindungen*). Quoi qu'il en soit, Flechsig ne propose le *gyrus fornicatus* que parce que ce lobe ou cette circonvolution appartient en grande partie, dit-il, à la sphère de la sensibilité générale du corps et sert sans doute à la perception d'autres modes encore de sensibilité. Ailleurs Flechsig semble croire à quelque rapport entre l'*instinct sexuel* et le tiers antérieur du *gyrus fornicatus*. Tuczek, dans l'étude de la paralysie générale, a souvent trouvé des lésions dans cette région.

Le lobe de l'hippocampe de Broca, *gyrus hippocampi*, est rattaché par Flechsig à la sphère de la sensibilité générale, à la cénesthésie du corps, la couronne rayonnante de ces deux territoires du manteau étant tout à fait contiguë dans la région inférieure et postérieure de la capsule interne (*carrefour sensitif*) : dans plusieurs cas pathologiques, cette partie de la *capsule interne* a été trouvée lésée en même temps qu'il existait des foyers de ramollissement du *gyrus hippocampi*, lésions auxquelles on rapportait l'abolition du sens musculaire ou de la notion de position des parties du corps. Mais c'est à la destruction de la couronne rayonnante de la sphère sensitive du corps qu'il convient d'attribuer ces troubles de la sensibilité, non aux lésions de la circonvolution de l'hippocampe, contrairement aux doctrines de l'École anglaise. Seules, des observations cliniques où cette circonvolution serait exclusivement le siège de lésions destructives permettraient d'y localiser des fonctions de la nature de celles que lui attribuent David Ferrier et quelques-uns de ses savants élèves. Les connexions si multiples de la circonvolution de l'hippocampe avec la sphère de l'olfaction sont confirmées. Flechsig se demande pourtant si ce lobe lui-même élabore les sensations de cette espèce. En tout cas, ainsi que l'avait vu Broca, il est absolument improbable qu'il n'ait pas d'autres fonctions que celles de l'olfaction. Peut-être cette circonvolution, grâce à ses connexions avec le thalamus et le noyau lenticulaire, par conséquent avec le pédoncule cérébelleux supérieur et le ruban de Reil médian, partant avec les prolongements du glosso-pharyngien, du vague, du trijumeau, perçoit-elle les « sensations de la faim », comme le lobe du corps calleux (*gyrus fornicatus*) percevrait celles du goût. Des connexions du lobe frontal, dans sa partie antérieure, avec le reste du manteau, on ne connaît guère jusqu'ici d'une façon certaine que celles qui, par de longues fibres d'association, relient le pôle de ce lobe avec les sphères de la sensibilité générale et de l'olfaction.

Rapports du lobe pariétal avec le développement supérieur de l'intelligence. — Mais c'est surtout le *lobe pariétal,* j'entends les parties qui en restent après son démembrement, où l'on voit aujourd'hui un centre de l'intelligence qui paraît ne le céder en rien au lobe frontal lui-même, au moins dans la production des plus hautes œuvres du génie, de l'œuvre d'art en particulier. Ce centre psychique ou intellectuel postérieur, situé sous les bosses pariétales, a été trouvé singulièrement développé chez *tous* les hommes de génie dont on a jusqu'ici étudié scientifiquement le cerveau ou le crâne. Chez plusieurs artistes, tels que Beethoven, et sans doute aussi S. Bach, c'est exclusivement l'énorme développement de cette région cérébrale qui frappe, tandis que chez les savants, comme le mathématicien Gauss, etc., le développement porte sur les centres postérieur et antérieur du cerveau. Le génie scientifique présenterait ainsi d'autres conditions anatomiques que le génie artistique. Richard Wagner, par le grand développement de son lobe frontal, occuperait manifestement une place à part à côté de S. Bach et de Beethoven. La *circonvolution supramarginale* (et aussi, il est vrai, la T^1 chez les musiciens) devait être très développée, à en juger par les moulages et par les crânes, chez J. Seb. Bach et chez Beethoven. Chez Justus von Liebig, Lasaulx, Döllinger, Kant, Gauss, Dirichlet, etc., les régions pariétales étaient également fort développées. Ainsi, ce ne sont pas seulement les grands musiciens, ce sont aussi des philosophes, des mathématiciens, des chimistes, des physiologistes et des anatomistes qui ont possédé des circonvolutions pariétales d'un volume considérable. Ces études contemporaines de l'organologie cérébrale ont été faites par des savants dont les noms sont célèbres en anatomie : Rudolf Wagner, Rüdinger, Kupffer, His, Flechsig, Retzius (1).

C'est Rüdinger qui, dans sa monographie de 1882, appela le premier l'attention sur le développement extraordinaire des circonvolutions pariétales chez les hommes d'une haute intelligence ; il les trouva à un degré d'évolution bien moindre chez les gens ordinaires et dans les races humaines inférieures (2). Les observations qu'on avait faites jusqu'alors sur le poids et le volume de l'encéphale, le nombre et la différenciation morphologique des plis de l'écorce, la profondeur des scissures et des sillons, etc., sur les cerveaux des hommes

---

(1) V. G. Retzius. *Das Gehirn des Astronomen* Hugo Gyldéns. Biol. Untersuchungen. N. F., 1898, VIII. Le *gyrus supramarginalis* droit était aussi remarquablement développé chez cet astronome, auteur d'importants travaux d'astronomie, de mathématique et de mécanique.

(2) N. Rüdinger (München). *Ein Beitrag zur Anatomie der Affenspalte und der Interparietalfurche beim Menschen nach Rasse, Geschlecht und Individualität.* Mit 4 Taf. Bonn, 1882, 8-12.

illustres, justifiaient bien, à part quelques exceptions, l'opinion que la surface du manteau est plus étendue et plus variée chez les hommes d'une grande intelligence que chez ceux d'une intelligence moyenne ou inférieure. On devait toutefois se borner à ces généralités, et cela malgré les beaux travaux de Huschke et de R. Wagner sur ce sujet. Bischoff et Rüdinger, après être parvenus à se procurer dix-huit cerveaux d'hommes éminents à divers titres, parmi lesquels figurent ceux de Döllinger, de Tiedemann, de Bischoff, de Lasaulx, de Liebig, s'aperçurent bien vite que la comparaison de quelques groupes déterminés de circonvolutions donnait des résultats tout autres que celle de la surface des hémisphères considérés dans leur ensemble. Au lieu d'être vagues, les résultats d'un examen limité, par exemple, à la scissure interpariétale et aux circonvolutions qui l'environnent présentaient une précision jusqu'alors inconnue. Le fait qui frappa le plus Rüdinger dans l'étude de ces dix-huit cerveaux, ce fut le développement du *lobe pariétal*. Toutes les circonvolutions et toutes les scissures y étaient si développées que la région pariéto-occipitale offrait un tout autre caractère que sur les cerveaux d'hommes et de femmes d'une intelligence inculte, de manouvriers, de nègres, etc.

Ainsi, le changement de direction qu'avait subi la scissure interpariétale résultait essentiellement du degré de développement extraordinaire du premier pli de passage externe de Gratiolet ; il en résultait que sur les cerveaux de Lasaulx, Döllinger, Liebig, ainsi que sur celui du mathématicien Dirichlet, d'après la figure donnée par R. Wagner, on ne pouvait plus indiquer sûrement l'endroit où se trouvait la scissure du singe (*Affenspalte*), effacée. Bref, toute l'économie des circonvolutions et des scissures du lobe pariétal se trouvait profondément modifiée sur les cerveaux de ces savants, comme l'avait d'ailleurs déjà trouvé Kupffer en décrivant le crâne de Kant. Ce développement du lobe pariétal s'étend, dit Rüdinger, chez les hommes intelligents, « à toute la surface du lobe, depuis la scissure postcentrale jusqu'à la scissure du singe ». Tout en se bornant à signaler ces résultats acquis à la science, et en se réservant de les interpréter quand s'ouvriraient les discussions qu'il prévoyait sur la question des localisations fonctionnelles du cerveau, le célèbre professeur d'anatomie de Munich écrivait que, dès maintenant (1882), les faits qui ressortaient de ses recherches d'anatomie comparée pouvaient servir à une étude de ce genre. Dans son idée, elles étaient tout à fait propres à appuyer l'hypothèse que, « dans la couche corticale du cerveau, de même que dans la moelle épinière et la moelle allongée, où la division du travail physiologique est bien nette, les différents processus de nature fonctionnelle sont liés à des territoires cellulaires déterminés, et que ceux-ci augmentent de volume d'une façon correspondante à leur activité... *Le plus grand déploiement en surface du lobe pariétal se rencontre,* ajoutait Rüdinger, *avec le plus de fréquence, chez les hommes d'une intelligence élevée.* L'activité cérébrale qui du lobe pariétal peut ainsi faire un organe plus parfait, plus développé, doit être particulière à l'homme, car si cette fonction n'était que motrice ou simplement en rapport avec la sensibilité, la forme externe du lobe pariétal ne présenterait pas d'aussi grandes différences chez les individus d'une intelligence inférieure et supérieure. » Les résultats de ces recherches autorisaient sans nul doute Rüdinger à affirmer, comme il le fait, « qu'un organe cérébral acquiert un développement proportionnel au degré de l'activité fonctionnelle qu'il déploie ». Si ce principe n'était pas nouveau, il était du moins fondé cette fois sur un ensemble de démonstrations anatomiques positives portant sur un lobe déterminé du cerveau, le lobe pariétal.

Le crâne de Beethoven, étudié successivement par His et par Flechsig, à côté d'un développement considérable des régions postérieures du cerveau (pariéto-occipito-temporales), et aussi d'un développement remarquable des régions moyennes du manteau (FA et PA correspondant à la sphère sensitive du corps), ne présentait que des dimensions

relativement médiocres du lobe frontal (centre d'association antérieur ou frontal de Flechsig) ; il en était de même du crâne de J. Seb. Bach.

Quelles seraient les dispositions psychiques d'individus qui, avec un lobe frontal plus développé, posséderaient au contraire des centres d'association postérieurs moins développés et moins circonvolutionnés ? Flechsig estime qu'en pareil cas il serait bien surpris si l'on venait à constater que de pareils cerveaux avaient appartenu à des artistes d'un talent véritable. La question toutefois est à l'étude ; elle ne peut être résolue que par des observations étendues et toujours plus délicates. Peut-être doit-on déjà attribuer aux processus d'irritation intense des régions postérieures du cerveau l'éclat et la variété de certaines productions de l'imagination chez quelques délirants, productions dénuées en général de toute valeur artistique, et ne rappelant que d'une façon tout à fait superficielle les productions du talent. Le dessin, la sculpture, la gravure représentent bien un langage figuré par lequel s'expriment certains états émotionnels définis. Il suffit de parcourir quelque recueil de travaux artistiques exécutés dans les asiles par les aliénés, délirants chroniques, déments, etc., pour se persuader que ces sculptures sur bois, ces dessins, ces terres cuites, d'un symbolisme souvent fort obscur, sont bien la traduction des idées délirantes de ces malades, la forme plastique de leurs hallucinations (1).

---

(1) G. Angelucci et A. Pieraccini. *Di alcuni lavori artistici eseguiti da alienati. Contributo allo studio dell'arte nei pazzi.* Macerata, 1894. Ces matériaux, réunis à ceux qu'ont déjà rassemblés Tardieu, Max Simon, Frigerio, Séglas, Hospital, Morselli, Lombroso, mèneront peut-être sur la voie d'une étude scientifique de ces phénomènes. Nul doute que l'œuvre d'art, même la plus naïve et la plus informe, ne puisse être, comme l'écriture, un élément de diagnostic important pour la connaissance du caractère, des tendances, de la vie affective et intellectuelle d'un individu. Mais, pas plus que la *graphologie*, l'étude des *productions artistiques*, à ce point de vue, ne possède encore de méthode scientifique.

Alors que de bons juges estiment que la graphologie, c'est-à-dire l'étude des rapports des formes de l'écriture individuelle avec les différents états mentaux, congénitaux ou acquis, avec le caractère propre et individuel, la structure et les fonctions du cerveau de chaque homme, tout en pouvant devenir une science, manque encore de principes, si bien qu'il n'existe pas plus de psychologie que de physiologie scientifique de l'écriture, Lombroso, abordant ce difficile sujet sans le moindre embarras, a pris pour bon argent sonnant et trébuchant les théories graphologiques de Michon et de Crépieux-Jamin (*). Un grand nombre de mouvements inconscients de nos muscles et de nos viscères, mesurés et enregistrés au moyen des appareils de Mosso et de Marey, nous renseignent, en même temps que sur les différents états émotifs, sur les conditions mêmes de l'intelligence. Le vague de ces expressions ne saurait faire comprendre que le papier est un appareil enregistreur, très sensible, de tout un ordre de manifestations inconscientes de l'individu. Les graphismes sont au scripteur ce que le sphygmogramme est à l'état du pouls, ce que le cardiogramme est à l'état du cœur : la grandeur, la vitesse, le

(*) Cesare Lombroso. *Grafologia,* Milano, 1895.

Goltz a reconnu qu'après la perte des « lobes antérieurs » du cerveau, sans être en fait paralysés, les animaux avaient perdu le pouvoir de modérer leurs *réflexes bulbaires* et *spinaux*. Des deux principes d'explication qui ont constamment guidé ce physiologiste dans ses recherches expérimentales, le premier a trait, on le sait, aux phénomènes d'arrêt (*Hemmungserscheinungen*) : c'est dans les différences que présentent à cet égard les animaux après un traumatisme opératoire qu'il faut chercher à démêler les phénomènes de déficit (*Ausfallserscheinungen*), plus ou moins masqués par les phénomènes d'arrêt. Personne n'a mieux fait ressortir l'importance des actions à distance, des phénomènes d'arrêt ou d'inhibition, dans les lésions du cerveau et de la moelle épinière. Goltz a fait à l'étude des fonctions du cerveau l'application féconde des résultats qu'il avait obtenus dans l'étude des lésions de la moelle épinière. L'un des premiers, il découvrit et fit connaître de nombreux exemples d'arrêt réflexe d'un centre nerveux par excitation d'un ou de plusieurs autres centres. L'idée d'attribuer les paralysies croisées qui suivent la destruction expérimentale d'un hémisphère cérébral ou les apoplexies hémorrhagiques chez l'homme à des phénomènes d'arrêt transitoires, non à la lésion cérébrale elle-même, lui est restée chère. Dans ses premiers mémoires, il attribuait cette hémiplégie à une action d'arrêt déterminée par le traumatisme du cerveau antérieur qui s'étendait jusqu'au mésocéphale et au cervelet, la moelle allongée et la moelle épinière subissant dans les mêmes cas une inhibition. C'est que la paralysie transitoire des réflexes après une section de la moelle épinière est en réalité aussi un phénomène d'arrêt. La paralysie des muscles de la respiration, de la vessie, du

---

rhythme et jusqu'aux moindres oscillations de la circulation se trouvent ainsi fixés par une écriture autographique, de tous points comparable à celle du cerveau, quoique infiniment plus simple et moins compliquée. Voilà bien, ce semble, les vrais termes du problème de la graphologie.

En attendant, il y avait une étude de la plus haute portée à résumer, tout au moins : celle des centres psychiques de l'expression graphique des idées et des sentiments. Il y a, dit Lombroso, des faits qui nous « forcent d'admettre un centre cérébral spécial de l'écriture. » Lombroso prend évidemment parti pour Exner, Charcot, Marie, Pitres, Souques, etc., contre Wernicke, Dejerine, Bergkan, etc. C'est son droit. Mais il ne dit mot des observations cliniques et des arguments d'ordre physiologique pour ou contre une localisation des images motrices graphiques du langage. A côté des agraphies sensorielles, que tout le monde admet, Lombroso paraît tenir pour l'existence d'un centre graphique moteur indépendant. Quelle preuve nouvelle en apporte-t-il ? Aucune. Il a écrit le nom de Marcé qui, dès 1856, avait établi l'indépendance respective de la parole et de l'écriture. Mais combien le chapitre consacré à l'écriture chez les aliénés paraît faible et superficiel à côté du travail de Marcé (1864) sur le même sujet !

Des caractères de l'écriture communs aux hommes de génie, aux fous, aux épileptiques et aux criminels, mieux vaut ne rien dire. Le chapitre le plus curieux de ce manuel est à coup sûr celui des *fac-simile* des écritures de criminels.

rectum, etc., dans l'hémorragie cérébrale témoigne simplement que les centres nerveux de la moelle allongée, de la moelle lombaire, etc., ont subi une action d'arrêt déterminée à distance par le cerveau lésé. Même à propos des troubles de l'articulation verbale, GOLTZ s'efforçait de montrer qu'une lésion cérébrale très éloignée de la circonvolution de BROCA peut la paralyser en exerçant sur elle une action inhibitrice et déterminer par conséquent une aphémie sans lésion de F_3 gauche.

Il y a, chez GOLTZ, pour la science de l'intelligence, des expériences bien curieuses. Je veux parler de l'altération profonde et absolument opposée qu'exercerait sur le caractère et la nature morale (*Gemüthstörung*) des animaux l'ablation des régions antérieures ou postérieures du cerveau. Ainsi, après l'ablation des lobes antérieurs, outre les altérations du mouvement et de la sensibilité générale, GOLTZ a observé trois ordres de phénomènes, d'ailleurs connexes, qui diffèrent diamétralement de ceux qui suivent, selon lui, l'ablation du cerveau postérieur (*Hinterhirn*), abstraction faite également des diverses altérations de la sensibilité spéciale.

Les phénomènes observés chez le chien après l'ablation bilatérale du cerveau antérieur, c'est-à-dire ici des régions antérieures ou *fronto-pariétales*, sont : 1° des phénomènes d'excitation générale exagérée ; 2° l'absence de contrôle ou de domination sur soi-même ; 3° la violence de certains mouvements réflexes incoercibles, par défaut des fonctions d'arrêt ou d'inhibition. Laissés libres, ces chiens couraient en faisant de grands cercles jusqu'à épuisement. « Ils obéissent, dit GOLTZ, à une impulsion interne, toute mécanique, qu'ils ne peuvent maîtriser. Ils ont perdu la faculté d'arrêter volontairement les réflexes qui ont leurs centres dans la moelle allongée et dans la moelle épinière. » Cette façon de parler est aussi inexacte pour les physiologistes que pour les psychologues, mais ce qui suit l'explique sans autre commentaire. L'hyperesthésie de la peau et l'hyperexcitabilité réflexe, la violence et l'irrésistibilité des mouvements et des actes doivent dériver de la section expérimentale des fibres qui relient le cerveau *fronto-pariétal* à la moelle allongée et à la moelle épinière. Tandis qu'un cerveau normal peut tempérer, modérer, régler, arrêter les réflexes spinaux, le cerveau de ces chiens en est incapable, en partie parce que la puissance d'inhibition de cet organe est affaiblie ou abolie, en partie parce que les solutions de continuité des faisceaux s'opposent à ce que le reste du cerveau puisse encore agir inhibitivement sur le bulbe et sur la moelle épinière. Voilà l'hypothèse anatomique et physiologique de GOLTZ. La *zone frontale*, en effet, ou zone « latente » antérieure, avait dit PAUL FLECHSIG, ne soutient aucun rapport anatomique direct avec les faisceaux moteurs. Des voies nerveuses de sensibilité, seuls certains faisceaux de l'olfactorius s'y terminent peut-être. Par ailleurs la *zone frontale* est reliée au moyen de voies nerveuses avec le thalamus et avec le pont de VAROLE, voies qui semblent l'une et l'autre être centrifuges, car elles dégénèrent dans la direction descendante. FLECHSIG signalait comme caractéristique de la *zone frontale antérieure* ses connexions anatomiques avec le pont de VAROLE et les hémisphères du cervelet, c'est-à-dire avec des parties plus particulièrement en rapport avec la moelle épinière. Dans la série animale, le développement de ces parties va de pair avec celui du *lobe préfrontal*. La limite postérieure de ce lobe (*Stirnhirn*) était formée par le bord antérieur de la zone d'origine des voies nerveuses motrices directes, ou faisceaux de projection directs :

ce bord correspondait au *sulcus praecentralis* et se trouvait par conséquent à proximité de la suture coronale. La *zone frontale* de Flechsig se terminait donc en arrière, nous le répétons, à la scissure précentrale ; elle n'empiétait pas sur FA, laquelle faisait partie de la vaste zone pariétale ou « zone sensitivo-motrice corticale » de ce savant (1).

Les phénomènes d'hyperexcitabilité réflexe et d'irrésistibilité motrice, après l'ablation des régions antérieures du cerveau, se traduisent par ce que Goltz appelle le *caractère irritable,* agressif, violent jusqu'à la fureur. De bons animaux, les chiens les plus pacifiques du monde, peuvent devenir, après cette opération, méchants, hargneux, batailleurs. Emportés par une sorte d'aveuglement furieux, ils se précipitent, dès qu'ils les aperçoivent, sur des chiens qui ne leur ont jamais fait aucun mal, qu'ils traitaient même autrefois en amis : ils les mordent, les déchirent avec rage. Ce « changement de caractère » a été observé par Goltz dans vingt-deux cas ; il l'explique par l'hypothèse que nous venons de rappeler. Aussi bien, chez l'homme aussi, on a signalé les mêmes phénomènes d'excitation, d'agitation, de violence, d'altération du caractère surtout, dans les lésions du lobe frontal. Le cas du mineur américain relaté par D. Ferrier est célèbre (2). Phinéas P. Gage, âgé de vingt-cinq ans, bourrait un trou de mine au moyen d'une barre de fer pointue ; la charge éclate ; la barre de fer, la pointe en avant, traversa net le sommet du crâne, dans la région frontale, en avant de la suture sagittale. « Tout ce trajet est compris dans la région décrite sous le nom de *région préfrontale.* » Ni paralysie, ni anesthésie, mais changement profond du *caractère.* D'après la relation de Harlow, ce mineur, jusqu'alors considéré par ses chefs comme un des meilleurs conducteurs de travaux, fut jugé incapable de continuer ses anciennes fonctions. « L'équilibre, la balance pour ainsi dire entre ses facultés intellectuelles et ses penchants instinctifs semblent détruits. » Nerveux, irrespectueux, il jure maintenant de la façon la plus grossière ; il supporte impatiemment la contrariété et n'écoute plus les conseils des autres lorsqu'ils sont contraires à ses idées ; quoique indécis et capricieux, il est à certains moments d'une obstination excessive. « C'est un enfant pour l'intelligence, un homme pour les passions et les instincts. » Chacun dit : « Ce n'est plus là Gage. » Après quoi, ajoute Ferrier à la relation de ce cas, dont malheureusement aucune autopsie du cerveau ne fut faite, et dont le crâne seul a été exhumé et conservé, on ne dira pas que ce malade n'éprouva point de troubles de l'intelligence ni que « l'*American Crowbar Case* est en contradiction avec les faits de physiologie expérimentale que

(1) P. Flechsig. *Plan des menschlichen Gehirns.* Leipzig, 1883, p. 37.
(2) D. Ferrier. *De la localisation des maladies cérébrales.* Paris, 1880, 46 sq.

j'ai cités relativement aux effets provoqués par les lésions des *lobes frontaux*. »

C. de Boyer avait été frappé des modifications du caractère que présentaient les chiens opérés des lobes frontaux; il rapprochait ces symptômes de déficit de ceux qu'offrent les malades « atteints de lésion frontale étendue », tels que celui de Baraduc, et entrevoyait l'accord profond de la physiologie expérimentale et de l'observation clinique (1).

Les faits sur lesquels il s'appuyait se trouvaient dans une communication de Ferrier à la Société royale de Londres (*Experiments on the Brain of Monkeys*, 1875), communication relative à trois expériences d'ablation d'un et de deux lobes frontaux chez des singes, que l'auteur avait fait suivre des réflexions suivantes : « Ces expériences montrent qu'un animal privé de ses lobes frontaux conserve le pouvoir d'exécuter tous les mouvements volontaires, qu'il continue à entendre, voir, sentir, goûter, qu'il peut percevoir et extériorer ses sensations tactiles ; cet animal conserve ses instincts de défense, ses goûts, il continue à chercher sa nourriture, il est capable d'exprimer ses émotions... On ne peut nier cependant, en étudiant bien le *caractère* de chacun de ces animaux, avant et après l'opération, qu'il n'y ait un grand changement de survenu en eux. Ils restent bien, comme par le passé, sensibles et doués de puissance musculaire, mais, au lieu d'être aux aguets, pour savoir ce qui se passe autour d'eux, *ils ne cherchent guère au delà de leurs sensations intimes* ; *ils vont et viennent au hasard, passent leur temps à recommencer le même mouvement,* semblent avoir perdu la possibilité de l'observation judicieuse et attentive. » Aussi Ferrier estimait-il alors que les « phrénologues » avaient eu raison de situer dans la région du *front* la faculté de la réflexion, et il ne lui semblait pas invraisemblable que le développement particulier de certains points du *lobe frontal* pût fournir un indice d'une certaine force de concentration d'esprit et d'intelligence dans telle ou telle direction. La faculté de l'attention et de la synthèse mentale n'était si peu développée chez les idiots que parce que le développement de leur *lobe frontal* avait été arrêté. De même, les affections organiques de cette région étaient frappées au coin de la démence ou de la plus profonde dégradation psychique. C'était à l'élévation de ses *lobes frontaux* que l'homme devait de l'emporter autant par l'intelligence sur les animaux inférieurs, dont les régions frontales étaient en quelque sorte demeurées rudimentaires. Quoique l'extirpation des deux *lobes frontaux* n'abolît ni la vue, ni l'ouïe, ni le goût, ni l'odorat, ni la sensibilité tactile, ni l'appétit, ni les instincts ou les mouvements d'expression, un grand changement dans le caractère et les manières d'être était manifeste chez les singes qui, de l'apathie, passaient quelquefois à une agitation incessante et sans but. Cependant, et Ferrier n'a point varié au fond sur ce point, ces animaux n'avaient pas perdu l'*intelligence* ; ils n'avaient perdu, avec les centres d'arrêt du *lobe frontal,* que cette capacité d'attention consciente qui est la condition de ces opérations de l'entendement dont la somme ou la résultante est ce qu'on nomme l'intelligence.

On ne peut méconnaître que ce point de vue ne soit bien supérieur à celui de Hitzig, et surtout de Wundt, sur les fonctions du *lobe frontal*. Pour ce physiologiste, le lobe frontal est le « centre de l'aperception » (*Apperceptionscentrum*), ce miracle perpétuel,

(1) C. de Boyer. *Études cliniques sur les lésions corticales des hémisphères cérébraux.* Paris, 1879, 73.

offert par WUNDT à l'adoration des fidèles de son École. WUNDT suppose que les impressions des sens sont simplement perçues tant qu'elles n'arrivent qu'aux centres sensoriels du cerveau : leur appréhension par l'attention ou l'aperception implique au contraire une excitation des éléments de la *région frontale*. En outre, « la volonté » ne faisant qu'un au fond avec l'aperception, la destruction du lobe frontal, avec la ruine de l'aperception, entraîne celle de la volonté (1). Les physiologistes, comme MUNK, n'ont pas plus réussi jusqu'ici à comprendre cette hypothèse de WUNDT que les aliénistes ou les psycho-physiciens les plus subtils et les plus déliés de notre temps, tels que ZIEHEN et MÜNSTERBERG. « Je n'ai pu comprendre (verstehen), confesse MUNK, ni cette hypothèse ni plusieurs autres raisonnements concernant l'*aperception*. Autant que je puis voir, WUNDT n'est pas arrivé au clair avec son *aperception* : il a jeté pêle-mêle, dans cette notion, des processus des plus hétérogènes. »

Les cas cliniques bien observés sur les lésions du *lobe frontal* sont infiniment plus instructifs et confirment, ainsi que l'avait aperçu C. DE BOYER, ce rare et pénétrant esprit, l'unité profonde des expériences et des observations de la physiologie cérébrale et de la pathologie mentale.

Dans le cas de FRANZ BINZ, publié par LÉONORE WELT (2), une fracture comminutive de l'os frontal avait déterminé, outre l'issue d'une certaine quantité de substance cérébrale, une destruction presque complète, sur la face orbitaire du lobe frontal droit, du *gyrus rectus* (F_1), destruction s'étendant en arrière jusqu'au chiasma des nerfs optiques. La F_2 orbitaire était également de ce côté lésée en arrière (adhérence des lambeaux de dure-mère). A gauche, la substance grise du *gyrus rectus* était détruite comme à droite, mais le reste de la face orbitaire était mieux conservée. La guérison de ce traumatisme ne fut suivie d'aucune paralysie du mouvement ni de la sensibilité. C'est la règle, conviennent les cliniciens, règle formulée entre autres par CL. DE BOYER, pour les lésions du lobe préfrontal, encore qu'on ait plus d'une fois observé des courbures de la nuque et de la colonne vertébrale après ces lésions, conformément aux résultats des expériences de MUNK. Le seul changement survenu chez FR. BINZ fut une altération du caractère qui rappela à L. WELT le même phénomène observé dans des conditions analogues sur les animaux et chez l'homme par GOLTZ, HITZIG, FERRIER. Le malade de la clinique de ZURICH, de pacifique, gai, poli et propre qu'il était devint mauvais, querelleur, violent et sale, sans que l'intelligence fût obscurcie. L'observation de L. WELT est peut-être la seule jusqu'ici où, consécutivement à une vaste lésion traumatique du lobe frontal, lésion qui a pu être exactement localisée à l'autopsie, de graves modifications du caractère et des habitudes morales de l'individu ont été bien constatées. Mais d'autres cas cliniques de lésions analogues ne manquent pas, WELT le reconnaît, dans lesquels ces altérations psychiques ont manqué ou n'ont pas été mentionnées, et cela non seulement dans les traumatismes cérébraux, mais dans les hémorrhagies, les ramollissements, les atrophies, les tumeurs et les abcès du lobe

---

(1) W. WUNDT. *Grundzüge der physiol. Psychol.* 3te Aufl., 1887, I, 231-233, 236-7 ; II, 235-246.

(2) L. WELT. *Ueber Charakterveränderungen des Menschen infolge von Läsionen des Stirnhirns.* Aus der medic. Klinik in Zürich. Deutsches Arch. f. klin. Med. v. ZIEMSSEN. Bd. 42, 4 H. Leipz., 1888.

frontal. Cependant, dans douze observations, suivies d'autopsie, de lésions des lobes frontaux, observations recueillies par L. Welt, où des symptômes de déficit de la personne morale semblent avoir été l'effet de ces lésions (1), toujours les *circonvolutions orbitaires et en particulier celle de* F_1 ont été trouvées (sauf dans un cas) plus ou moins détruites. « Si l'on s'aventure à localiser, conclut l'auteur avec une sage réserve, il ressort de ces onze cas positifs que le siège des changements ou altérations du caractère décrits serait l'écorce de F_1 ou des circonvolutions de la face orbitaire voisines de la ligne médiane interhémisphérique, et du lobe frontal droit plutôt que du lobe frontal gauche. »

L'apparition de désordres psychiques, encore isolés, de troubles de l'intelligence, d'anomalies ou de changements plus ou moins profonds du caractère, ont pu quelquefois servir à diagnostiquer le début et les premiers stades de développement d'une tumeur cérébrale, en particulier du *lobe frontal* ou *préfrontal*. Mais, d'une manière générale, et sans localisation déterminée, Oppenheim a signalé comme fréquents, dans les tumeurs du cerveau, certains *troubles psychiques* à cette période d'évolution des néoplasies de cet organe. Plus tard, les symptômes mentaux les plus ordinaires et les plus accusés sont la torpeur et la somnolence.

Williamson a réuni 45 cas de tumeurs de la région préfrontale du cerveau, auxquels il a ajouté trois nouveaux cas de tumeurs et un d'abcès, à l'effet de déterminer la nature des symptômes de ces lésions (2). La symptomatologie a surtout trait aux tumeurs (46 cas sur 50), les abcès ne figurant que dans quatre cas. La céphalalgie, très fréquente, surtout dans le front, peut être aussi localisée par le malade dans la région occipitale (Burdach). La sensibilité du crâne à la percussion est le meilleur procédé de diagnostic local (Oppenheim). Dans vingt cas où l'on rechercha s'il existait de la douleur à la percussion du crâne, on la trouva quinze fois, et dans treize cas le point douloureux correspondait au siège de la tumeur. Sur trente-neuf observations, on rencontra trente-cinq fois une lésion du fond de l'œil : sept fois la névrite optique était unilatérale, six fois du côté de la lésion. Dans dix cas l'olfaction était normale, dans sept elle était altérée ou abolie, et dans ces cas la tumeur s'étendait jusqu'à la base. Les anesthésies ne nous paraissent être aussi rares que parce que les malades n'ont souvent été observés que dans la dernière phase de l'affection, celle de la torpeur et de la somnolence. Dans un cas de Giulio Levi, la sensibilité à la douleur était au contraire des plus vives, avec participation, il est vrai, de la zone sensitive du corps au processus néoplasique. Les symptômes de parésie ou de paralysie relevés par Williamson existaient, dans trente-un cas, du côté opposé à la lésion ; ils manquaient dans cinq, et n'étaient pas marqués dans quatorze. Les convulsions, souvent associées à de la douleur dans les cas d'extension de la lésion aux circonvolutions centrales, se montrent à toutes les périodes de la maladie et sont de diverses formes : elles ont été notées dans trente-un cas, étaient peu intenses dans quinze et ne manquaient que dans quatre. Le réflexe rotulien,

---

(1) Cas de Baraduc, Balfour, Hénoch, Léonore Welt (F. Binz), Klebs, Lépine, Eulenburg, Davidson, Nobele, Ferrier (American Crowbar Case), Congreve-Selwyn, Longet.

(2) Williamson. *On the symptomatology of gross lesions (tumours and abscesses) involving the prefrontal region of the Brain.* Brain, 1896, 346.

recherché dans trente cas, faisait défaut dans six. Sur les cinquante cas, il y eut quatorze fois de l'ataxie. D'après BRUNS (1), l'ataxie existerait dans 50 pour 100 des cas de tumeurs du *lobe frontal* ; elle semble absente dans les néoplasmes de la région de ROLANDO. A cet égard, comme à quelques autres, la difficulté de diagnostiquer les tumeurs du *lobe frontal* d'avec celles du *cervelet* ne laisse pas d'être difficile, vu le nombre des symptômes semblables. L'humeur railleuse, les *lazzi* des malades ont été souvent remarqués dans ces observations comme dans celles d'autres cliniciens, qui ont insisté sur ce symptôme (*moria*).

Par *lobe frontal* ou *préfrontal* OPPENHEIM entend, avec la plupart des auteurs, tout le territoire du lobe frontal situé en avant du *sulcus praecentralis*, la circonvolution frontale ascendante (FA) appartenant à ce que, depuis MUNK, on appelle la sphère sensitive du corps, centre cortical des sensations de la sensibilité générale et organique, de la cénesthésie. Les néoplasmes du *lobe préfrontal* peuvent-ils être diagnostiqués dans la pratique au même titre que ceux des régions rolandiques, du lobe temporal, du lobe occipital? Quelques auteurs, tels qu'OBERNIER (1878), ont cru pouvoir le faire, d'accord avec le préjugé qui localisait dans le lobe frontal les fonctions psychiques supérieures. Mais il résulte de l'étude comparative poursuivie à cet égard par BERNHARDT, avec la plus sûre critique (2), que les troubles psychiques ne sont pas plus fréquents, dans les tumeurs de cette région du cerveau, que dans celles des autres lobes. OPPENHEIM estime aussi, il y insiste, que « l'altération des *fonctions psychiques* ne

(1) L. BRUNS, au cours d'une étude remarquable sur *Deux cas de tumeur cérébrale avec diagnostique topographique exact* (*), écrit, à propos de l'observation clinique et anatomo-pathologique d'un néoplasme considérable du *lobe frontal gauche* (la tumeur était confinée dans la substance blanche; l'écorce n'était nulle part détruite), que les seuls troubles psychiques observés dans ce cas correspondaient à ceux qui caractérisent les tumeurs cérébrales, l'apathie et la somnolence. « *Mais, de trouble proprement dit de l'intelligence, c'est ce dont il était impossible d'établir l'existence* ; au contraire, la malade fut presque jusqu'au moment de la mort, lorsqu'on l'éveillait de son *sopor*, remarquablement orientée sur toute chose, et l'on avait la preuve qu'elle était bien plus attentive et mieux renseignée sur tout ce qui se passait dans son entourage qu'un observateur superficiel aurait pu le croire. J'insiste sur ce point parce que, partant d'hypothèses selon moi erronées, on incline toujours à attribuer au lobe frontal des fonctions psychiques spéciales, et qu'on cite toujours volontiers à l'appui de cette opinion des cas de tumeurs du lobe frontal. *Or, il n'est pas vrai que l'intelligence soit liée à certaines parties déterminées du cerveau : l'intelligence dépend du concours ou synergie fonctionnelle de toutes les régions du cerveau*. Il en résulte bien, naturellement, que les tumeurs du lobe frontal doivent l'affecter partiellement, mais pas plus lorsque le néoplasme siège dans cette région que dans une autre, quoique peut-être d'autre façon. » BRUNS a expliqué l'intensité de la somnolence dans les tumeurs du lobe frontal en particulier par le volume que prennent d'ordinaire ces néoplasmes dans cette région avant d'amener la mort par compression de la moelle allongée.

(2) BERNHARDT. *Beiträge zur Symptomatologie und Diagnostik der Hirngeschwülste*. Berlin, 1881.

(*) *Zwei Fälle von Hirntumor mit genauer Localdiagnose*. Neurol. Centralbl., 1898, 770-788, 848-858.

peut servir de fondement certain pour la localisation (au point de vue du diagnostic topographique d'un néoplasme); que, en tout cas, il ne faut l'utiliser à cet effet qu'avec la plus grande réserve (1). » Bruns est encore moins porté à attribuer au *lobe frontal* une part prépondérante dans l'activité psychique. Oppenheim a fait la remarque qui précède à propos d'un cas où Allen Starr et Mac Burney avaient diagnostiqué, d'après la nature des « symptômes mentaux », le siège d'une tumeur cérébrale en un point du lobe frontal, diagnostic qui se trouva pleinement confirmé. La plupart des auteurs qui ont traité naguère ce sujet inclinent aussi à croire qu'il faut tenir compte des altérations de l'intelligence parmi les symptômes des lésions en foyer du *lobe frontal.*

Ainsi, sans rappeler les cas anciens, Moeli, Macewen, Durante, Hebold, Raymond, Jastrowitz, Bruns, Hitzig, Thompson, Knapp, et Oppenheim lui-même, ont trouvé des cas de tumeurs des *lobes frontaux* où l'altération psychique avait été constatée dès le premier stade de l'affection. Il y en a d'autres où le développement précoce des symptômes d'ordre mental montra clairement que, en dépit des troubles moteurs qui vinrent s'y ajouter, la tumeur, avant de s'étendre à la zone motrice, avait eu pour point de départ le *lobe frontal.* Tout en laissant subsister le doute, et en commandant une grande réserve, « dans la plupart des cas de tumeurs des lobes frontaux où l'observation a pu être bien conduite, et dès le commencement du mal, une *altération des fonctions psychiques,* ou une *psychose* elle-même, a été constatée. Toutefois, comme des anomalies psychiques se produisent très souvent aussi avec les néoplasmes d'autres territoires du cerveau, ce fait ne peut avoir de valeur diagnostique que s'il est prouvé que ces troubles psychiques sont particulièrement précoces dans les tumeurs du *lobe frontal,* et qu'ils n'apparaissent qu'à un stade où la compression cérébrale augmente et s'étend dans les tumeurs des autres régions du cerveau. » Il ne faut point, en effet, perdre de vue que des troubles psychiques ont été notés, à titre de symptômes primitifs, dans des néoplasmes du *lobe temporal,* du *lobe occipital,* etc. Il paraît même probable à Oppenheim que, dans l'avenir, certains signes cliniques permettront de distinguer une altération psychique due à une tumeur du lobe temporal ou occipital de celle d'un néoplasme localisé dans le *lobe frontal.* Tels seraient, par exemple, certains délires des sens, et, ajoutons, certaines hallucinations et *auras* sensorielles, en rapport avec les fonctions du lobe temporal ou du lobe occipital.

Quant au caractère connu des anomalies psychiques observées dans

---

(1) H. Oppenheim. *Die Geschwülste des Gehirns.* Wien, 1896, p. 80.

les tumeurs du *lobe frontal,* on a surtout relevé l'affaiblissement de la mémoire et des facultés intellectuelles, l'apathie, l'hébétude, la stupeur, plus rarement une psychose proprement dite, telle que la mélancolie (GRIMM, DURANTE), la manie (CLOUSTON), l'incohérence, la confusion mentale, et certains états d'excitation (MŒLI), etc. L. BRUNS énumère aussi la manie de faire le *bel esprit et le plaisant* dans le tableau symptomatique qu'il a dressé des *tumeurs* du *lobe frontal*; il y voit un élément de diagnostic local ou topographique (1).

JASTROWITZ, entr'autres, a recueilli plusieurs cas intéressants de démence avec excitation gaie d'un tour d'esprit jovial, comique ou humoristique *(Witzelsucht),* observée uniquement dans des tumeurs du *lobe frontal.*

Voici quelques observations, et d'abord le premier cas de JASTROWITZ. P. 38 ans, domestique, admis à Dalldorf comme épileptique, et, comme aliéné incurable, à Schönberg (1881). On ne sait rien sur la nature des attaques d'épilepsie, sinon qu'après ces accès, P. était très excité, incohérent et agressif. Hallucinations de la vue et de l'ouïe; idées de persécution. Pendant les six dernières années, il n'y eut pas d'attaque. P. se montre en général débile d'intelligence, mais aimable, malicieux et enjoué, « disposé à faire des farces ». Ainsi, il se plante devant un malade, ouvre démesurément les yeux et rit à plein gosier. Il tient les médecins et les infirmiers pour d'anciennes connaissances à lui qui lui demandent des choses qu'ils savaient mieux que lui. Il siffle, crie, rit convulsivement d'une façon enfantine et niaise. Dans les premières années, il refusait de travailler; « il serait trop bête de travailler ». Après être resté parfois tout un jour la tête basse, il se redressait tout à coup, riait ou injuriait tout le monde. Mais, depuis 1886, P. s'occupait constamment à porter du charbon, fendre du bois, etc., montrant la plupart du temps un visage riant. Quelquefois cependant, pris d'un accès subit d'excitation, il s'approchait du voisin, l'empoignait rudement, criant: « Voici celui qui m'insulte et me torture; je ne puis plus supporter de pareils tourments. » Le visage était alors très pâle. Un quart d'heure après, il recommençait à se tenir tranquille et la physionomie redevenait riante. Aucun souvenir de la période d'excitation. Au printemps de 1887, il maigrit et s'affaiblit; fièvre hectique; accidents pulmonaires et mort (15 juillet).

A l'autopsie, crâne épais (1 centimètre), pesant, contenant peu de diploé. A *droite,* à 1 centimètre environ de la ligne médiane et à 2 centimètres au-dessus de l'orbite, sur la face interne de la dure-mère, une tumeur, de 4 centimètres de longueur et de 3 de largeur, occupait exactement la pointe du lobe frontal au point où F_1 passe dans la circonvolution orbitaire: F_2 était aussi intéressée; F_3 était tout à fait intacte. La tumeur n'avait pas perforé la dure-mère, qui, à cet endroit, adhérait fortement au crâne. Ainsi qu'on peut le voir dans les planches de l'ouvrage d'EXNER, toutes les lésions jusqu'ici connues de cette région

(1) *Die Geschwülste des Nervensystems.* Berlin, 1897. 1. Monoparésies ou hémiparésies, aphasie motrice possible et troubles dysarthriques peut-être au début de celle-ci. Affaiblissement de la musculature du tronc. 2. Convulsions jacksoniennes ou plus généralisées, spasmes toniques de la musculature du tronc ou déviation de la tête d'un côté. 3. Déviation des yeux, etc. 4. 5. 6. *Witzelsucht.*

ayant évolué sans symptôme, Jastrowitz n'avait porté non plus aucun diagnostic. Il n'en suit pas naturellement que cette zone soit « latente » pour toute espèce de fonction, comme elle l'est pour le mouvement et la sensibilité, ajoute Jastrowitz qui, il y a bien des années, lorsqu'il commença d'étudier la psychiatrie, espérait que, du rapprochement des troubles psychiques et des lésions en foyer d'un grand nombre de cas, sortirait l'explication des « aberrations de l'esprit de l'homme ». Ce fut alors qu'il remarqua qu' « une certaine forme de folie, la *démence avec excitation gaie*, ou *moria*, se rencontrait toujours et uniquement dans les tumeurs des lobes frontaux ». Les accès soudains de violence ou de colère du malade précédent étaient certainement des équivalents épileptiques : disparition aussi rapide que l'apparition, sans motif appréciable, peut-être due à des hallucinations, phénomènes vaso-moteurs (pâleur de la face), amnésie consécutive. Toutefois, aucune excitabilité réflexe exagérée ne fut notée chez ce malade ni chez les autres malades de cette espèce par Jastrowitz, qui a rappelé naturellement les résultats contraires des expériences de Goltz. Pourtant, plusieurs de ces malades étaient irritables, batailleurs, bourrus, railleurs ; ils n'étaient point « mauvais » et la tournure d'esprit, sarcastique et joviale, qu'ils laissaient paraître, était ici plus pathognomonique que leurs accès de méchante humeur, « parce qu'elle ne correspondait pas à l'état du patient ». Point de paralysie : les mouvements étaient seulement quelquefois un peu lourds et maladroits. Un autre malade, d'ailleurs dément, âgé de 67 ans, où l'on trouva une tumeur dans le lobe frontal gauche, et que Jastrowitz eut souvent l'occasion d'observer à la Charité de Berlin, tout en faisant de la charpie, assis à une table devant la fenêtre, faisait sur tous les passants des remarques spirituelles ; les gardiens, en cercle, s'amusaient fort de ses plaisanteries. Un autre malade de 44 ans, également porteur d'une tumeur dans le lobe frontal gauche, faisait semblant de ne point comprendre et répondait de travers aux questions, par pure malice ; il faisait force grimaces comiques, il urinait au lit et assurait en riant qu'il avait transpiré ; quand on voulait l'examiner, il laissait pendre sa tête en avant ou de côté. Il se plaisait à dire des choses déshonnêtes et chantait des chansons communes ; il raillait et frappait les autres malades, leur prenait leur nourriture (1).

Le cas de Baraduc se rapproche beaucoup de ceux de Jastrowitz : celui-ci y relève des traits pour lui significatifs de bizarrerie, de gaieté, d'entêtement, de vanité. Il s'agissait d'un homme de 73 ans, entré aux Ménages à la suite de revers de fortune amenés par la bizarrerie de son caractère. On le connaissait, dans cette maison où il passa six ans, pour ne jamais parler et marcher toujours devant lui. Au cours des trois premières années, il avait présenté quelques signes d'aliénation mentale. D' « apparence joyeuse », « volontaire dans ses désirs », « vaniteux » lorsqu'on le bravait, il parlait très peu, ne répondant que oui ou non, mangeait seul, marchait toujours. Il finit par ne plus parler du tout, par ne plus exprimer aucun désir, ni par l'œil ni par le geste, ne reconnaissant plus personne, ne sachant plus porter les aliments à sa bouche, incapable de retrouver son lit. Il devint complètement gâteux. D'ailleurs aucune paralysie ; force musculaire très développée.

---

(1) Jastrowitz a trouvé, dans la *Physiologie du système nerveux* de Longet, un cas qui, dit-il, s'accorde bien avec les siens : le malade portait, située presque comme dans le premier cas rapporté, une tumeur squirreuse du *lobe frontal* droit ; un néoplasme symétrique siégeait dans le lobe frontal gauche. Velpeau et Delpech avaient ainsi décrit ce malade à Longet : Charles Paris, 66 ans, coiffeur, entré à la Charité, le 25 février 1843, pour une affection des voies urinaires. Très préoccupé de son esprit, farceur, poussant les plaisanteries jusqu'à l'extravagance. Aucun trouble de la motilité ni de la parole. Il s'affaiblit subitement et mourut en babillant.

comme l'éprouvaient les infirmiers qui le changeaient. Dès que la porte était ouverte, il s'échappait, même tout nu, n'ayant d'ailleurs aucun sentiment de froid ou de chaleur, quoique la sensibilité générale fût conservée. Il marchait toujours, au hasard, devant soi, ramassant ce qu'il rencontrait sur son chemin. Autopsie : atrophie des deux *lobes frontaux,* recouverts d'une membrane plissée sur elle-même, adhérente, par sa face externe, avec la pie-mère. Ainsi F_1, F_2 et F_3, sur la convexité comme sur la face interne, étaient atrophiées, tandis que FA et PA, ainsi que le lobule paracentral, ne l'étaient pas. Les artères n'étaient nulle part athéromateuses, dit BARADUC. Mais celles qui irriguaient « les points malades étaient atrophiées, diminuées de moitié, paraissant cependant perméables ». Ces lésions expliquent à l'auteur de cette observation, avec la conservation de la sensibilité et de la motilité, la perte de la parole et l'absence d' « idées volontaires, de spontanéité, de désirs traduits par un geste (1). »

Les autres circonvolutions étaient saines, sauf P_2 (circonvolution supramarginale et pli courbe).

« Je suis bien éloigné de soutenir, écrit JASTROWITZ, que dans le *lobe frontal* toutes les lésions en foyer, ou même seulement les tumeurs, sont accompagnées de *moria,* comme si cette psychose leur était particulière. Il y a des tumeurs des lobes frontaux avec des symptômes de nature mélancolique (GRIMM). La *moria* n'a été notée que dans un certain nombre de lésions des lobes frontaux, et non pas seulement dans les tumeurs. Cet état psychique se montre également chez quelques paralytiques généraux, à la période de début, chez des déments séniles, chez des alcooliques, où existe aussi une atrophie des lobes antérieurs du cerveau. Mais, si l'on fait abstraction de l'aphasie motrice dans les lésions de l'hémisphère gauche, on n'a jusqu'ici acquis encore aucune connaissance des symptômes manifestant les affections des lobes frontaux. *De paralysies franches, il n'en existe pas dans les lésions en foyer de la région prérolandique,* et les troubles de l'*odorat* et de la *vue* résultent seulement d'une action indirecte ou directe sur l'*olfactorius* et l'*opticus*. La psychose ici décrite me paraît donc un phénomène important pour les localisations du lobe frontal. Au cas où la céphalalgie, les convulsions, les vomissements nous indiquent d'une manière générale l'existence d'un néoplasme dans le cerveau, si le malade est affecté de *moria,* nous pourrons le localiser dans le lobe frontal. Car, autant que j'ai pu m'en convaincre par la littérature, — les symptômes psychiques sont souvent passés sous silence lorsqu'ils n'étaient pas intenses, — il semble bien que la *moria* ne se rencontre que dans les lésions en foyer, surtout dans les tumeurs, des lobes frontaux, non dans celles des autres parties du cerveau (2). »

---

(1) *Bull. de la Soc. anat.*, mars 1876, p. 277-9.

(2) E. LEYDEN und M. JASTROWITZ. *Beiträge zur Lehre von der Localisation im Gehirn.* Leipzig u. Berlin, 1888, p. 32-36.

D'autres auteurs, tels que Beck, ont fait quelques observations semblables. Mais peut-on y trouver un élément véritable de diagnostic ? Je ne le crois pas. Des tumeurs occupant d'autres provinces du cerveau que le *lobe frontal* ont été accompagnées également de phénomènes de *moria*. Oppenheim a lui-même observé une tumeur du lobe frontal droit qui ne présentait point ce symptôme. Enfin, telle blessure du lobe frontal, et non pas seulement les tumeurs, peut provoquer un changement du caractère dans le sens indiqué ici.

Nobele rapporte le cas d'un garçon de 16 ans, mais assez robuste pour qu'on lui en donnât 20, François V., d'un caractère sombre et fermé, d'une intelligence médiocre, qui en vint, par jalousie, à l'idée du suicide : il se tira un coup de pistolet dans le front. La blessure siégeait « à la face inférieure de l'os frontal », à gauche. « Une quantité considérable de substance cérébrale remplissait la blessure en forme de bouillie » ; il s'y trouvait plusieurs fragments d'os du frontal. Les *pupilles, très dilatées, ne se contractaient pas* ; *pouls faible et lent* ; sopor ; réponses sans aucun sens aux questions. Une couronne de trépan fut appliquée ; une grande masse de substance cérébrale et de sang sortit encore de la blessure. Avec les doigts introduits dans la cavité crânienne et au moyen d'une sonde, on détermina la direction suivie par le projectile. Le malade fut très agité pendant l'opération ; il éprouva de la douleur à la section des téguments ; délire ; coma. Puis il devint tout à fait calme ; le lendemain, la conscience reparut entièrement. Il ne se plaignait pas de souffrir. Dans le visage tuméfié, les yeux disparaissaient. *Déglutition normale* ; *aucun trouble de motilité des membres*. Le troisième et le quatrième jour, l'état du malade continua de s'améliorer. Il ne répondait pas aux questions relatives à sa tentative de suicide. La cicatrisation de la blessure du front se fit vite ; au trente et unième jour, il put être transporté. La vue était perdue, mais le *sens de l'odorat était intact*. Or, de sombre et fermé qu'avait été ce jeune homme, « il devint, à partir de ce moment, gai, vif, enjoué et jovial ». La perte de la vue parut à peine l'affecter. Des convulsions ne tardèrent pas à se montrer ; il mourut deux ans après, sans qu'on sache rien sur la mort ; il n'y eut pas d'autopsie (1).

Haeser, qui relate ce cas, le considère comme une contribution aux observations, déjà nombreuses, qui prouvent combien les plus graves blessures du *lobe frontal,* avec perte considérable de substance, ont peu de retentissement sur les *fonctions de l'intelligence*.

---

(1) Nobele. Annales de médecine belge, 1835, février. Compte rendu, par H. Haeser, sous ce titre : *Fall einer bedeutenden Gehirnverlezung*, dans les Schmidt's Jahrbücher, Bd. IX, 1836, 321.

CENTRES MOTEURS

(Centres sensitivo-moteurs).

Nature des centres moteurs. — On convient généralement aujourd'hui que les *centres moteurs* ou *sensitivo-moteurs* de l'écorce cérébrale peuvent être déterminés avec tant de sûreté et de précision par les physiologistes que, s'il est possible au clinicien de porter un diagnostic régional presque exact de certaines affections de ces mêmes régions, le chirurgien connaît presque par millimètres carrés les différentes aires corticales sur lesquelles doit porter son intervention : la zone dite motrice a été divisée « en petits carrés de deux millimètres chacun » (Horsley et Beevor). Ces résultats de la grande découverte de Fritsch et Hitzig étant devenus des vérités de pratique, personne ne les met plus en doute. L'ère des discordes et des luttes sur la réalité d'une localisation des fonctions motrices du cerveau est fermée. L'étude des centres fonctionnels de la vision n'est guère moins avancée, quoiqu'elle n'ait été jusqu'ici que d'une application pratique assez rare. Mais là aussi les physiologistes ont déterminé la topographie des diverses régions, fonctionnellement différentes, des centres de la vision mentale, tandis que les cliniciens, par la méthode anatomo-clinique, arrivaient à localiser, sur la face interne du lobe occipital, d'autres fonctions de la vision que sur la face externe de ce lobe. Mais, s'il peut suffire au médecin et au chirurgien de connaître les points, d'ailleurs nullement séparés comme par des fossés, mais présentant entre eux au contraire toutes les transitions de passage, d'où partent les réactions excito-motrices de l'écorce cérébrale, et auxquels les paralysies du mouvement et de la sensibilité générale doivent être rapportées, le physiologiste ne saurait naturellement se contenter de ces données empiriques.

Certaines régions du cerveau sont en rapport avec les fonctions motrices ou sensitives de telle ou telle partie du corps : cela suffit à la pathologie interne et externe. Mais quelle est la nature de ces centres de l'écorce cérébrale, qu'on appelle « moteurs » parce que, en effet, leur excitation expérimentale ou leur irritation pathologique détermine des réactions motrices, simples ou convulsives, de la face, des extrémités ou

du tronc, suivant l'intensité et la durée de l'excitation des cellules nerveuses de ces centres ? Rien de plus net que les paralysies motrices qui succèdent à l'ablation et aux lésions destructives des mêmes aires corticales ; mais de quelle nature sont ces phénomènes de parésie ou de paralysie des mouvements ? Le chien auquel on a enlevé les deux gyrus sigmoïdes ne présente point pour cela de paralysie motrice proprement dite, si l'on entend par ces mots un défaut absolu de motilité. Personne, pas même MUNK, n'a jamais soutenu rien de semblable (1). Si un lapin, dont le cerveau tout entier a été enlevé, peut encore courir, pourquoi l'ablation des zones motrices du chien, une fois les effets du traumatisme opératoire disparus, empêcherait-elle cet animal de mordre, de nager, d'exécuter tous les mouvements, à l'exception toutefois de ceux dont les représentations corticales ont été pour toujours détruites par l'ablation de leur substratum organique, c'est-à-dire ici des deux gyrus sigmoïdes ? Ainsi tombent les arguments spécieux de l'éternelle polémique de GOLTZ contre la doctrine des localisations cérébrales. De ce qu'un chien, après l'ablation des zones motrices, peut marcher, éviter les obstacles, broyer et déglutir ses aliments, bref, exécuter tous les mouvements automatiques et réflexes, tous les mouvements associés et profondément organisés, dont l'intégrité des centres bulbo-médullaires est la condition suffisante, il ne suit pas qu'il puisse présenter volontairement la patte, la retirer devant une aiguille menaçante ou s'en servir avec adresse pour saisir un os.

Ces troubles de la motilité volontaire, en entendant par cette expression tout mouvement précédé d'une représentation mentale de l'action à effectuer, ni HITZIG, ni MUNK, ni GOLTZ, ne les ont jamais vus s'amender et disparaître quand les régions motrices avaient été exactement enlevées sur les deux hémisphères ; dans le cas contraire, une portion de ces centres avait sûrement été épargnée. Après une lésion profonde, bilatérale, du cerveau antérieur, écrit GOLTZ lui-même, « les chiens ont perdu la faculté de faire jouer certains groupes de fibres musculaires d'une manière appropriée dans certains actes ». Ces troubles du mouvement volontaire consécutifs aux destructions de la zone motrice, HITZIG, dans deux travaux de 1873 et de 1876, les avait considérés comme « l'expression de troubles de l'activité représentative », c'est-à-dire comme l'effet de la destruction des images motrices de telles ou telles catégories de mouvements volontaires. Si donc l'animal opéré n'exécute plus certains mouvements, ou ne le fait que d'une façon défectueuse, ce n'est pas parce que ses muscles

(1) HITZIG. *Ueber die Funktionen des Grosshirns*. Biol Centralbl , VI, 569.

sont paralysés : c'est parce qu'il ne peut plus se représenter ces mouvements isolés et intentionnels qui étaient la fonction même de la « conscience musculaire » de l'écorce cérébrale. De même, et *a fortiori*, pour le singe : après l'ablation du centre moteur cortical gauche du membre antérieur droit, par exemple, la main droite pend presque paralysée ; en marchant le singe ne se sert plus de la main droite ou s'appuie sur la face dorsale de cette main ; il ne sait plus saisir de la main droite le bâton de sa cage ; il prend toujours et exclusivement de la main gauche les fruits qu'on lui présente.

Motilité volontaire et sensibilité générale. — La coïncidence des troubles de la motilité volontaire et de la sensibilité générale dans les régions de l'écorce cérébrale considérées comme motrices avait frappé Schiff dès 1871 ; un an après les expériences de Fritsch et de Hitzig, un rédacteur d'un journal de médecine, *l'Imparziale medico*, de Florence, écrivait, sous son inspiration, que tous les effets immédiats de la destruction des prétendus centres moteurs dérivent des lésions de la sensibilité et « restent bornés à cette sphère ». Sans rappeler les arguments que tirait Schiff de l'absence de réponse aux excitations électriques du gyrus sigmoïde chez l'animal profondément narcotisé, sur la longue durée du retard des réactions déterminées par l'excitation de ces régions de l'écorce, ce qui permet de les assimiler à des centres d'actions réflexes, le savant professeur de Florence prétendait qu'il suffit d'être familier avec la nature des mouvements que présentent les animaux après la perte de la sensibilité tactile par section des cordons postérieurs de la moelle épinière, pour les reconnaître chez les animaux dont les lobes antérieurs du cerveau ont été extirpés. Ce que le chien avait perdu dans les membres, le tronc ou la face du côté opposé à la lésion cérébrale, ce n'était pas l'énergie des mouvements musculaires, mais, avec les sensations de tact et de contact, la sûreté et l'ajustement exact de ces mouvements. S'il arrive au chien opéré de s'appuyer en marchant sur la face dorsale du pied, s'il glisse sur un terrain uni, tombe sur les genoux, c'est qu'avec la perte de la sensibilité tactile, il n'est plus exactement renseigné sur la position de ses membres ou sur la qualité du sol qui le porte. Il mâche bien des deux côtés sa nourriture (avec une lésion unilatérale du cerveau), et la force des muscles de la mastication est très grande : si on lui offre un os du côté opposé à la lésion, il le prend dans sa gueule et le brise avec ses dents ; mais après la première bouchée il ne sent plus le contact de l'os sur sa joue ; il s'arrête. Si on lui présente l'os du côté sain, il sent le contact et continue son repas. « Existe-t-il, demandait Schiff, rien de plus caractéristique d'une anesthésie tactile ? » Schiff, qui à l'*anesthésie*

cutanée devait plus tard ajouter l'*insensibilité au froid,* après que Herzen eut localisé dans la même région du cerveau (gyrus sigmoïde) le centre (ou les conducteurs nerveux conduisant au centre) des sensations du tact et du froid, ces deux sensations étant transmises au cerveau par les cordons postérieurs de la moelle épinière (1885), — avait trouvé conservée, dans ses expériences, la sensibilité à la *douleur* et à la *pression*. Bref, cette ataxie motrice des extrémités était l'effet, non d'une paralysie motrice, mais d'une paralysie de la sensibilité tactile : tous les troubles de la motilité observés, ceux de la position et des mouvements des membres, dérivaient de cette altération de la sensibilité cutanée et étaient purement secondaires.

Goltz avait également noté de bonne heure qu'après la destruction des deux lobes pariétaux la sensibilité générale est bien plus émoussée, et d'une façon permanente, qu'après les lésions d'autres parties du cerveau : dans les lésions de la zone motrice, la sensibilité et le mouvement se trouvaient altérés simultanément. « Les *parties antérieures* de l'écorce cérébrale, écrivait Goltz, sont dans un rapport fonctionnel plus étroit avec les mouvements du corps d'une part, et d'autre part avec la sensibilité cutanée, que les parties postérieures (1881). » Aussi, en discutant entre autres les résultats comparés de Fritsch et de Hitzig et de Schiff, Goltz accordait aux deux premiers qu'en effet, après une destruction de la zone motrice, le *sens* ou la *conscience musculaire* est altérée d'une façon durable, mais il n'admettait point avec eux que la *sensibilité tactile* fût indemne. Seulement, outre la *sensibilité tactile,* la *sensibilité à la pression* et la *thermoesthésie* lui avaient paru diminuées, contrairement à ce qu'avait vu Schiff : celui-ci attribuait ces derniers troubles qu'il n'avait pas observés à l'étendue et à la profondeur des mutilations du cerveau pratiquées par Goltz. Schiff continua donc d'enseigner que « les prétendus centres moteurs étaient en réalité des voies de passage servant à la conduction des sensations *tactiles* du côté opposé du corps : c'étaient par excellence des prolongements physiologiques des cordons postérieurs de la moelle épinière (1). » Nous n'insisterons pas sur la localisation du centre réflexe sous-cortical des perceptions tactiles (*Tastcentrum*) de Schiff. Les idées de Moritz Schiff s'étaient d'ailleurs modifiées avec les années. Dans une *Addition* de l'année 1895 à son Mémoire de 1883, publié dans le *Recueil des Mémoires* de ce physiologiste (2), Schiff parle d'un centre moteur (*ein bewegendes Centrum*) qui doit exister chez l'homme comme chez le singe ;

(1) Plüger's *Archiv*, 1882, 1883, 1884.
(2) M. Schiff's *gesammelte Beiträge zur Physiologie*, Bd. III. Lausanne, 1896, 582 et 586.

en outre il ne localise plus le *Tastcentrum* dans les régions infra-corticales, mais dans des « régions superficielles du cerveau ».

En somme, si HITZIG avait découvert les troubles moteurs consécutifs aux lésions de la zone dite motrice, SCHIFF avait révélé ceux de la sensibilité tactile. Ni l'un ni l'autre ne sont tombés dans l'explication banale d'une paralysie véritable. Les troubles de la motilité volontaire, tous deux les ont attribués à une altération, soit de la conscience musculaire, soit des représentations centrales de la sensibilité tactile ; tous deux ont rapporté les altérations du mouvement à des troubles de la sensibilité générale. GOLTZ a concilié et résumé, comme le fera H. MUNK, les idées de SCHIFF et de HITZIG sur la nature de ces troubles, puisqu'il a constaté, dans ses expériences, à la fois des lésions de la sensibilité tactile et du sens musculaire. Peut-être l'avenir appartient-il à la doctrine qui considère la zone motrice comme une manière de surface sensible dont les réactions provoquées seraient identiques à des réflexes. FRANÇOIS FRANCK incline décidément vers la théorie de l'influence réflexe et ne voit dans la zone motrice, assimilée à une surface sensible périphérique, que le point de départ d'incitations motrices volontaires, l'appareil incitateur des réactions motrices volontaires, dont les véritables appareils moteurs ou d'exécution sont les cellules nerveuses motrices du bulbe et de la moelle. « Psychologiquement, a écrit GLEY, ces organes de l'écorce apparaissent comme des centres de représentations des divers mouvements qui déterminent la véritable action motrice par un mode assimilable au mécanisme purement réflexe. » Ces « organes de l'écorce » sont, pour FRANÇOIS FRANCK, des centres d'association volontaire plutôt que des centres moteurs proprement dits. « En envisageant, dit-il, les mouvements produits par l'excitation de points déterminés de l'écorce cérébrale comme analogues aux mouvements réflexes, la différence essentielle entre les mouvements ainsi provoqués et les réflexes ordinaires consisterait dans le point de départ, ici cérébral, là cutané, mais en tout cas périphérique par rapport aux centres du mouvement (centres médullaires) (1). » Aussi le faisceau pyramidal, qui transmet aux centres moteurs bulbo-médullaires les incitations motrices de l'écorce cérébrale, constitue-t-il, au point de vue physiologique, un système *afférent* aux cellules motrices du bulbe et de la moelle.

Théorie de D. Ferrier et de ses élèves sur la localisation fonctionnelle des représentations corticales de la motilité et de la sensibilité

---

(1) FRANÇOIS FRANCK. *Leçons sur les fonctions motrices du cerveau*, 299. Cf. *Dict. des Sc. méd.*, 2e série, XII, 577 (Syst. nerv. *Physiologie*).

générale. — Il n'est pas utile d'insister aujourd'hui, comme on aurait dû le faire il y a quelque vingt ans, sur les théories du célèbre physiologiste anglais David Ferrier touchant la localisation corticale et la nature des fonctions de la zone motrice qu'il considère comme distinctes de celles des centres corticaux de la sensibilité cutanée et musculaire. La théorie purement motrice (*purely motor theory*) des fonctions de la région centrale de l'écorce cérébrale, encore assez communément admise en Angleterre, n'a jamais réuni les suffrages de la plupart des physiologistes et des neurologistes du continent et de l'Amérique, et, surtout depuis le mémoire de Bastian sur le *Sens musculaire*, lu en 1886, devant la « Neurological Society », la réaction contre les idées de D. Ferrier a commencé en Angleterre même. En Amérique, après avoir apporté la démonstration de « l'union intime, sinon de l'identité » des sensations cutanées et musculaires avec les centres moteurs, Dana s'étonnait naguère que David Ferrier, en ses derniers ouvrages sur les localisations cérébrales, non seulement parût ignorer les preuves de la doctrine contraire à la sienne, mais n'en fît même pas mention. La doctrine de Ferrier et celle de ses élèves, que nous allons rappeler, n'est guère fondée que sur des expériences de physiologie ; il n'existe pas une seule preuve clinique indiscutable à l'appui. Au contraire, les observations cliniques et anatomo-pathologiques rassemblées en faveur de la doctrine qui a prévalu ont atteint un chiffre très élevé et se multiplient tous les jours.

Que soutient donc, depuis tant d'années, David Ferrier ? Depuis 1875 il n'a point varié. Ferrier enseigne encore aujourd'hui, contre l'évidence des faits, « qu'il n'y a aucun rapport entre le degré de l'altération de la sensibilité et celui de la paralysie motrice ». Loin d'être, comme le soutient Bain, un concomitant inséparable du mouvement, « la sensibilité n'en est au contraire qu'un accident contingent : dans les conditions normales ou physiologiques, la sensibilité est un accident inséparable du mouvement, mais, anatomiquement et pathologiquement, elle en est séparable (1). » Voici la dernière expression de sa doctrine à cet égard, telle qu'on la peut lire dans ses *Croonian Lectures* : « Les centres moteurs de l'écorce ne sont pas les centres de la sensibilité tactile ou générale ni du sens musculaire, soit qu'on regarde ce sens comme venant d'impressions centripètes, conscientes ou inconscientes, ou comme un sens de l'innervation : ces centres sont moteurs de la même façon que les autres centres moteurs, et, quoique unis fonctionnellement et organiquement, ils sont anatomiquement différenciés des centres de sensibilité générale et spé-

---

(1) D. Ferrier. *The Functions of the Brain*, 2d ed., 1886, 438.

ciale (1). » Depuis 1875, DAVID FERRIER répète que les lésions de l'écorce des centres moteurs ne sont suivies chez le singe d'aucun trouble de la sensibilité générale. Il en est du reste ainsi, selon ce physiologiste, pour toutes les régions de la convexité des hémisphères. Seules, les lésions de la *région de l'hippocampe* (*corne d'Ammon et circonvolution de l'hippocampe*) lui ont paru déterminer des troubles de la sensibilité générale (*tactile* et *musculaire*) du côté opposé du corps (*anesthésie* et *analgésie*). FERRIER s'est donc ingénié à détruire les régions de l'hippocampe et ses connexions par des méthodes qui, de son aveu, entraînent une destruction plus ou moins considérable du lobe occipital et de la région inférieure du lobe temporal. Ce qui frappe, dès les premières expériences de FERRIER, comme dans presque toutes celles qui ont suivi, c'est qu'en outre des troubles sensitifs, il est toujours fait mention de troubles de la motilité : lourdeur, maladresse des mouvements, dans les membres anesthésiés. Voici comme il résume les résultats des nouvelles recherches qu'il avait reprises, sur le même sujet, en 1884, avec le professeur YEO : « Ces expériences prouvent que les formes variées de sensations comprises sous les noms de sensibilité générale et tactile, sensibilité cutanée et musculaire, peuvent être profondément atteintes ou abolies, au moins momentanément, par des lésions destructives de la région de l'hippocampe, et que le degré et la durée de l'anesthésie varient avec l'étendue de la destruction de ces régions. »

Lorsque, en 1888, HORSLEY et SCHAEFER refirent ces expériences, — et ce sont les seuls physiologistes qui, à la connaissance de FERRIER lui-même, les aient répétées, — ils ne purent d'abord corroborer les observations de leur maître. FERRIER « dut leur démontrer que cela dépendait de l'imperfection de la section de l'hippocampe et les assister dans quelques-unes de leurs expériences, qu'ils poursuivirent ensuite parfaitement ». DAVID FERRIER « suggéra » à HORSLEY et à SCHAEFER d'étendre leurs investigations au *gyrus fornicatus* et à tout le reste du lobe falciforme (le grand lobe limbique de BROCA), dont la région de l'hippocampe n'est qu'une partie, afin de vérifier si le centre de la sensibilité générale ne s'y étendait pas également. L'événement donna raison aux prévisions, et peut-être aussi aux suggestions de DAVID FERRIER : HORSLEY et SCHAEFER témoignèrent hautement que « toute lésion extensive du *gyrus fornicatus* est suivie d'une hémianesthésie plus ou moins marquée et persistante ». En général, l'anesthésie et l'analgésie affectaient tout le côté opposé du corps, face, bras, jambe et tronc. Aucun rapport constant ne put être noté

(1) D. FERRIER. *Leçons sur les localisations cérébrales*, traduites par R. SOREL. Paris, 1891.

entre telle partie du corps et telle région du lobe falciforme. « Il est probable cependant, dit FERRIER, qu'un certain degré de localisation peut être établi par les fibres d'association qui unissent cette région aux centres moteurs de l'écorce. » En outre, FERRIER incline à croire que la sensibilité générale des deux côtés du corps peut être, jusqu'à un certain point, représentée dans un seul hémisphère : un lobe falciforme pourrait donc compenser la perte des fonctions de l'autre, quand celui-ci a été détruit. FERRIER s'élève contre l'inexactitude de tous les schémas de la distribution, dans l'écorce, des fibres sensitives, qui ne font point rayonner ces faisceaux dans l'écorce des circonvolutions du corps calleux et de l'hippocampe. « Il est *certain,* affirme-t-il, que l'hypothèse de FLECHSIG sur la distribution des fibres sensitives dans le lobe pariétal doit être modifiée. »

On le voit, le progrès naturel des connaissances actuelles sur la direction, les connexions centrales et la terminaison des faisceaux sensitifs dans les circonvolutions fronto-pariétales du cerveau ne devaient pas confirmer à cet égard tous les postulats de FERRIER et de ses disciples, aujourd'hui un peu isolés dans ce vaste domaine de la science. Certes, ces savants ont décrit ce qu'ils ont vu. Il resterait à rechercher pourquoi, non seulement ils n'ont pas vu ce que tout le monde avait vu, mais ont cru voir ce que personne n'a vu.

HERMANN MUNK a montré les causes de ces erreurs. D'après cet éminent physiologiste, les lésions (cautérisations ou extirpations) de la région dite motrice, pratiquées par FERRIER et ses élèves, ont été trop peu étendues. « Il est exact, écrit-il, qu'avec des lésions aussi petites que celles de la plupart de ces expériences, les troubles de la sensibilité ne s'observent point. Ne décidons pas s'ils n'existent point ou ne se laissent pas constater. Si, dans les cas où les lésions étaient plus considérables, ces troubles n'ont pas été notés, cela tient à l'imperfection des expériences. » Bref, l'examen de ces troubles n'a été ni systématique, ni rigoureux, ni critique. Tout ce que les auteurs anglais ont le droit de soutenir, c'est que dans leurs expériences sur la région « motrice » du cerveau, et avec ce genre de lésions, il n'y a pas eu de troubles appréciables de la sensibilité générale. Mais c'est une affirmation purement gratuite que de prétendre que les lésions de cette zone n'entraînent jamais que des troubles du mouvement volontaire, sans altération de la sensibilité.

Quant aux résultats positifs que ces auteurs croient avoir obtenus en expérimentant, d'abord sur la région de l'hippocampe, puis sur tout le lobe falciforme, MUNK a démontré également qu'ils reposaient sur une erreur d'interprétation. Les troubles de la sensibilité générale consécutifs à la destruction de l'écorce du *gyrus fornicatus* sont très réels, comme il l'a constaté au cours de recherches personnelles. Mais ces troubles ne

sont pas l'effet de la lésion de cette circonvolution : ils dépendent du procédé opératoire. « En effet, pour pouvoir opérer au fond de la scissure inter-hémisphérique sur le *gyrus fornicatus,* on doit mettre à nu une partie considérable des centres dits moteurs des extrémités, lier les veines qui vont de ces régions au sinus longitudinal, et là encore écarter latéralement l'hémisphère de la faux du cerveau avec le manche d'un couteau, de sorte qu'une lésion des territoires « moteurs » de l'écorce est absolument inévitable. Horsley et Schaefer disent bien que, dans plusieurs cas, ils ont réussi à extirper des parties considérables du *gyrus fornicatus* sans lésions d'autres parties, ou avec une lésion insignifiante de la circonvolution marginale (F[1] interne). Mais, outre que le texte et les figures y contredisent, les troubles du mouvement qui ont été notés dans toutes les expériences (Munk en a fait aussi la remarque expresse) témoignent assez que, dans ces expériences, le territoire « moteur » de l'écorce a toujours été lésé. » D'ailleurs, en examinant, dans six cas, le système nerveux central des singes dont Horsley et Schaefer avaient détruit le *gyrus fornicatus,* France a trouvé une dégénération secondaire étendue de la voie des pyramides dans le pédoncule cérébral et dans la moelle (1). Aussi Ferrier lui-même reconnaît-il, dans les *Croonian Lectures,* que cette dégénérescence descendante doit être attribuée aux lésions plus ou moins

---

(1) E. P. France. *On the descending Degenerations wich follow Lesions of the gyrus marginalis and gyrus fornicatus in Monkeys. With an Introduction by Prof.* Schäfer, 1889. Phil. Trans. of the R. Soc. of Lond., vol. 180, 1889. London, 1890.

Ce mémoire, dit Schäfer dans son Introduction, contient une étude sur les dégénérations consécutives aux lésions du *gyrus marginalis* et du *gyrus fornicatus* chez les singes. Les matériaux ont été fournis par les animaux que V. Horsley, Schäfer et Sanger Brown ont opérés, et dont le détail des expériences a été publié dans les Philos. Trans. de 1888. Dans la plupart des cas les lésions dépassaient ces circonvolutions sur une certaine étendue. C'est ce qui est surtout arrivé pour le *gyrus fornicatus* à cause de sa situation profonde. « Les symptômes que nous avons trouvés, Horsley et moi, continue Schäfer (ibid., 1888, 1-45. *A Record of Experiments on the Functions of the cerebral Cortex*), consécutivement à l'ablation du *gyrus marginalis*, furent de la paralysie des muscles du *tronc* et de la plupart des muscles de la *jambe*, surtout des extenseurs, du côté opposé du corps. L'ablation bilatérale de la même circonvolution détermine une paralysie correspondante bilatérale. Ce résultat était en harmonie avec nos premières expériences, lesquelles avaient démontré que l'excitation électrique du *gyrus marginalis* produit des mouvements du *tronc* et de l'*extrémité inférieure* opposée. Le *gyrus marginalis* appartient à la région motrice de Ferrier. » Au contraire, une ablation étendue du *gyrus fornicatus* (dont l'excitation électrique était restée négative) n'avait produit, en dehors d'une légère parésie *qui pouvait être rapportée à l'inévitable lésion de la circonvolution marginale* adjacente, aucune paralysie des muscles. Mais il existait une altération bien nette de la *sensibilité* générale et tactile du côté opposé du corps. Cette portion du lobe limbique doit donc être en rapport avec le centre cortical de réception des impressions de la *sensibilité*.

Voici les lésions dégénératives, suites des traumatismes expérimentaux subis par les animaux opérés par les physiologistes dont nous avons rappelé les noms, et qui ont été constatées par France :

1. Dégénérescences consécutives aux lésions du *gyrus marginalis*. — Dans presque tous les cas,

graves de la circonvolution marginale et des autres centres moteurs qui souvent accompagnent la destruction du *gyrus fornicatus*.

Si, dans leurs expériences sur cette circonvolution, Horsley et Schaefer n'ont pas vu se produire de paralysies proprement dites avec les altérations de la sensibilité générale, quoiqu'ils parlent de parésies, c'est que les extirpations de la zone « motrice » déterminent naturellement de plus grands désordres de la motilité que les lésions de la même région par compression ou par trouble de la circulation. Munk a observé, après l'extirpation du *gyrus fornicatus,* depuis le genou du corps calleux jusqu'au lobe carré, des troubles passagers du mouvement et de la sensibilité générale dans les extrémités et sur la face du côté opposé. Mais ces désordres ne résultent pas de la lésion destructive du lobe falciforme : ils sont la suite inévitable des traumatismes expérimentaux portant sur les circonvolutions qu'on appelle motrices, en particulier ici sur la circonvolution marginale, mais dont la nature fonctionnelle est en réalité sensitive.

Relativement à cette même hypothèse de Ferrier d'après laquelle le centre de la sensibilité générale siégerait dans le *gyrus fornicatus* et dans la portion hippocampale de l'hémisphère, l'observation clinique, nous l'avons dit, n'a jusqu'ici apporté aucune preuve décisive à l'appui. « Les cas de lésions limitées à l'hippocampe sont d'ailleurs si rares que Ferrier avoue lui-même n'en avoir pu trouver un seul (Seppilli). » Ajoutez les cas cliniques où les troubles de la sensibilité font défaut en dépit des plus graves lésions destructives de l'hippocampe, et ceux, innombrables, où ces troubles existent sans lésion de l'hippocampe. Enfin, dans les cas d'épilepsie chronique, où la sclérose et l'atrophie de la corne d'Ammon ont été quelquefois constatées à l'autopsie (Meynert, Snell, Tamburini,

---

moins deux, où la lésion était strictement limitée à la circonvolution marginale, la surface externe des hémisphères aussi bien que le *gyrus fornicatus* étaient lésés à la fois.

Capsule interne. Pont. Moelle allongée, moelle épinière (régions cervicale, dorsale et lombaire).

2. Dégénérescences consécutives aux lésions du *gyrus fornicatus*. — Dans la plupart des cas, le *gyrus marginalis* a été lésé en même temps sur une étendue variable, à cause de la situation profonde du *gyrus fornicatus*. Dans le nº 9, lésions considérables du lobe de l'hippocampe et du lobe occipital. Dans le nº 12, lésions des deux lobes temporaux.

Mésencéphale. Pont. Moelle : la dégénération offre le même aspect que celle qu'ont entraînée les lésions du *gyrus marginalis*.

France, dans un *Appendice* (p. 349), a décrit les dégénérations consécutives à l'ablation de l'écorce motrice externe et de tout le cortex moteur d'un hémisphère sur des singes, afin de les comparer à celles qui succèdent aux lésions limitées au *gyrus marginalis*. « Dans aucun cas, témoigne-t-il, je n'ai jamais vu, chez ces singes, de dégénérescences secondaires de la colonne antérieure de la moelle épinière : j'en conclus que, chez ces animaux, la décussation des pyramides dans la moelle allongée est complète. »

etc.), on ne rencontre point d'ordinaire d'altérations permanentes et bien circonscrites de la sensibilité générale. Cependant, au point de vue expérimental, HORSLEY, SCHAEFER, SANGER-BROWN persistent à croire, avec D. FERRIER, que la destruction des régions indiquées détermine une hémianesthésie du côté opposé, et cela encore qu'une démonstration complète du fait n'ait jamais été faite par ces physiologistes eux-mêmes. Il faudrait enlever entièrement ces parties du grand lobe limbique, « opération de la plus grande difficulté, écrit SCHAEFER, mais que je n'abandonne pourtant pas l'espoir d'effectuer un jour. En attendant, j'*affirmerais* l'extrême probabilité de cette hypothèse en raisonnant par exclusion, etc (1). »

Quant au sens musculaire, qui fait partie de la sensibilité générale, FERRIER persiste à soutenir, contre CHARLTON BASTIAN, que « nos idées de mouvement » ont, dans l'écorce cérébrale, un siège distinct et séparé des centres moteurs par lesquels les mouvements sont effectués. « La destruction des centres moteurs corticaux paralyse, dit FERRIER, la puissance d'exécution, mais non la conception idéale du mouvement lui-même. Il n'est pas rare qu'un malade hémiplégique par embolie de l'artère sylvienne ne découvre son état par l'impuissance où il est d'exécuter les mouvements qu'il a distinctement conçus. ».

Si DAVID FERRIER veut dire que, dans la constitution du complexus d'une image motrice, il entre des éléments qui font partie de groupes d'images appartenant à tous les centres sensoriels de l'écorce : vision, audition, olfaction, etc., de sorte que la représentation d'un mouvement en rapport avec ces images peut surgir alors que l'exécution en est devenue impossible, il a tout à fait raison, selon nous du moins. Loin d'être isolées, les images motrices nées de la sensibilité générale, et en particulier du sens musculaire, articulaire, tendineux, etc., sont, partout et toujours, associées aux sensations des sens spéciaux, de quelque nature qu'elles soient. Les rapports si étroits de la vision et des mouvements volontaires sont bien connus ; ceux de la motilité et de l'audition, chez l'homme, de l'olfaction chez les animaux osmatiques, ne sont pas moins étroits. Toute représentation subjective ou idée est saturée de résidus « moteurs », c'est-à-dire sensitifs.

Où est le siège de ces résidus de sensations perçues et associées ? Très probablement dans les grands centres d'association de l'écorce. On pourrait donc encore avoir la « conception idéale d'un mouvement » avec une lésion destructive des centres dits moteurs. Mais doit-on voir dans

---

(1) A. SCHÄFER. *Experiments on special sense localisation in the cortex cerebri of the monkey*. Brain, janv. 1888, 379.

ces derniers centres de simples points nodaux (Nothnagel, etc.), où convergent des fibres d'association parties des points les plus différents et les plus distants de l'écorce cérébrale ? Ces vastes territoires, les plus vastes de l'écorce cérébrale, ne seraient que de simples voies de transmission motrice ! Le lobe pariétal, où Nothnagel situe, depuis dix ans et plus, le siège des images motrices, et en particulier du sens musculaire, ne contient que des représentations de ce sens en rapport avec certains segments des extrémités inférieures, au même titre sans doute que le tiers supérieur des circonvolutions centrales et le lobule paracentral, ou de même encore que le tiers moyen des circonvolutions centrales renferme des représentations du même sens en rapport avec les extrémités antérieures. L'autonomie de ces centres ne peut être que relative, comme celle de toutes les autres provinces de cette grande fédération d'États qu'on appelle le cerveau. Mais, on n'a pas plus le droit de localiser par hypothèse le sens musculaire dans le lobe pariétal que la sensibilité cutanée dans le lobe falciforme. En dépit de sa localisation erronée de la sensibilité générale, Ferrier a raison contre Bastian, de même que contre Nothnagel, lorsqu'il refuse de dissocier la sensibilité musculaire des autres formes de la sensibilité générale.

Horsley a été conduit, par l'examen des faits cliniques et expérimentaux, à admettre que les impressions du toucher et de la sensibilité générale sont aussi enregistrées dans l'aire rolandique, partant que cette région est sensitivo-motrice (1891). Schaefer estime aussi que cette même région reçoit des impressions afférentes et n'est point purement motrice. Hughlings Jackson n'a pas cru non plus que les centres dits moteurs fussent « purement moteurs » (1). Enfin, Charles Bell, dans son mémoire célèbre sur *la Main* (*The Hand*, etc.), était arrivé à des idées analogues sur la nature complexe du sens musculaire.

Après Duchenne (de Boulogne), Bastian avait clairement aperçu que, dans tout mouvement volontaire, l'événement qui précède et détermine les contractions musculaires est un souvenir, une image formée des résidus de sensations musculaires, articulaires, etc., antérieures. Les éléments constitutifs de l'idée kinesthésique sont des sensations, conscientes ou inconscientes, issues des terminaisons des nerfs sensibles des muscles, des *fasciae* ou aponévroses, des tendons, des surfaces articulaires, des troncs nerveux, de la peau, etc. Le « sens du mouvement » (*kinaesthesis*) n'est que la somme de ces sensations. Ce sens est localisé par Bastian dans la région rolandique du cerveau antérieur, région d'où partent incon-

---

(1) *On convulsive Seizures*. Lumleian lectures, 1890.

testablement les réactions volontaires dites « motrices », « cortico-musculaires », ou mieux « cortico-spinales ». D'après BEEVOR et HORSLEY, et ainsi que l'avait le premier remarqué HITZIG, la circonvolution centrale postérieure ou PA a moins de droit à être appelée « motrice » que la circonvolution centrale antérieure ou FA (1). Mais les représentations qui de nécessité précèdent tout mouvement « volontaire » doivent être d'une nature extraordinairement complexe : toutes les aires de l'écorce du télencéphale doivent prendre part à cet événement dans une mesure quelconque, nécessairement inégale et variable avec la nature du mouvement à accomplir. HORSLEY, qui a voulu tenter d'analyser les processus du mouvement volontaire en s'appuyant sur ses recherches expérimentales et cliniques, s'est trouvé arrêté par la « difficulté insurmontable » de passer de la considération des « centres moteurs » à celle du « siège de l'idée du mouvement » (2). Par définition cependant cette idée n'est pas localisable : elle résulte simplement des éléments qui la composent au moment de son évocation, éléments qui, eux, sont localisés dans les différentes aires sensitives et sensorielles du pallium, dans la sphère sensitive du corps de MUNK et de FLECHSIG, et, d'une manière plus ou moins accusée, selon la classe, l'ordre, le genre ou l'espèce des vertébrés considérés, dans les sphères de la vision, de l'olfaction, de l'audition. La vue est étroitement associée à l'acquisition et à la reproduction des mouvements volontaires (STRICKER) ; les centres kinesthésiques et visuels doivent être particulièrement coordonnés chez l'homme (tabes, anesthésie générale, etc.).

Or le centre cortical de perception des impressions tactiles, localisé par FERRIER dans la circonvolution de l'hippocampe, avait été étendu, chez le singe, par SCHÄFER et par HORSLEY, au reste du lobe limbique (circonvolutions calloso-marginale et hippocampale). Chez les carnivores, il en serait autrement que chez le singe, d'après les auteurs anglais. Cependant, après leur étude expérimentale si exacte des localisations fonctionnelles des diverses aires motrices de la région rolandique du singe, BEEVOR et HORSLEY ont été contraints d'admettre que les sensations kinesthésiques sont localisées dans la région dite « motrice » aussi bien que dans le lobe limbique. Les observations cliniques du célèbre chirurgien anglais achevèrent d'entraîner sa conviction à cet égard : il constata nombre de cas où

---

(1) CH. BEEVOR and V. HORSLEY. *A minute analysis (experimental) of the various movements produced by stimulation in the monkey different regions of the cortical centre for the upper limb as defined by Prof.* FERRIER. Philos. Trans., 1887, vol. 178, 153-67.

(2) VICTOR HORSLEY. *On the analysis of volontary movement.* The nineteenth Century. June, 1891, 857.

les troubles du mouvement volontaire dépendaient de l' « aire motrice » des extrémités sans que le lobe limbique fût le moins du monde impliqué dans le processus. Une lésion destructive d'une aire rolandique d'un membre supérieur ou d'un segment de membre, du pouce, par exemple, provoquait, outre la perte des mouvements volontaires, c'est-à-dire représentés, une anesthésie tactile, une abolition de la faculté de localisation, de la conscience du « sens musculaire » (Hitzig) et de celle de la position du pouce, des paresthésies (1), etc. Ajoutez que l'étendue et la gravité de ces phénomènes de déficit dépendent de celles de la destruction de la région corticale du pouce. Si une minime partie de cette région a seulement été détruite, la sensibilité tactile peut persister dans cet organe, quoique la faculté d'y localiser exactement les impressions tactiles soit perdue. J'ai découvert ce fait, écrit Horsley, en demandant à des patients, les yeux bandés, d'indiquer, avec l'index de la main saine, un point légèrement touché, par exemple la dernière articulation du pouce : les malades localisaient ce point non là où le contact avait eu lieu, sur ce segment du membre supérieur, mais sur le poignet. Horsley parvint ainsi à acquérir la preuve démonstrative que la sensibilité tactile et le pouvoir de localiser les sensations de cet ordre, coexistent, avec le sens musculaire et les représentations du mouvement volontaire, dans la zone rolandique. Là où pendant si longtemps on n'avait vu qu'une paralysie des mouvements volontaires, il fallait reconnaître qu'il existait en outre de l'anesthésie tactile et musculaire. C'en était fait des idées « séparatistes », comme les appelle Horsley, c'est-à-dire de l'hypothèse d'après laquelle il existerait des centres séparés, distincts, de sensibilité et de motilité. « Hughlings Jackson, dit-il, le maître de la science de l'évolution des fonctions du système nerveux, avait toujours eu soin de désigner par le nom de sensori-moteurs tous les centres nerveux, de quelque nature qu'ils fussent ». Et aujourd'hui il semble même « logiquement impossible » à Horsley de concevoir un centre nerveux qui ne soit pas à la fois sensible et moteur.

Il est pourtant encore des auteurs anglais, Horsley ne l'ignore pas, qui assignent à ces deux aspects de la vie de relation, la sensibilité et le mouvement, deux régions différentes du cerveau, le lobe limbique, siège de l'évocation idéale de l'acte volontaire, et les aires motrices de la région rolandique, reliées par des faisceaux de fibres au centre hippo-

---

(1) A propos des perversions des sensations de la température, Horsley, rappelant que Herzen a localisé, chez les carnivores, la sensation du froid dans la « région motrice », déclare encore que, d'après ses observations sur l'homme, c'est plutôt le lobe limbique qu'on doit tenir pour le siège des représentations thermiques.

campal de la sensibilité tactile. Les expériences et les observations cliniques devaient convaincre Horsley que cet ordre de sensations est représenté dans la rigion dite motrice aussi bien que dans le lobe limbique. Voici l'*experimentum crucis* qu'il apporte lui-même. Soit une lésion irritative, une petite tumeur, de l'aire du bras, comprimant, sans le détruire, le centre cortical (*focus*) du pouce. On note chez le patient : 1° une sensation de fourmillement dans le pouce pouvant devenir douloureuse ; 2° une irradiation de cette sensation du pouce au poignet, au coude, à l'épaule ; 3° une sensation subjective de contraction du pouce qui semble se mouvoir, quoiqu'il n'existe aucun mouvement actuel (ainsi que dans l'hallucination motrice verbale) ; 4° un mouvement, maintenant réel, du pouce pris de spasmes convulsifs. Les deux premiers stades de ces processus constituent l'*aura* précédant l'accès d'épilepsie ; ils seraient localisés, selon les doctrines orthodoxes de l'École de Ferrier, dans le lobe limbique, secondairement irrité par la petite lésion circonscrite de la zone rolandique. Cela paraît invraisemblable à Horsley, qui localise tout le processus au siège de la tumeur. D'ailleurs il n'y a plus moyen de douter : il suffit d'exciser le point d'irritation cortical pour arrêter les convulsions et faire apparaître une anesthésie du membre ou segment de membre considéré. Voilà qui est d'une « précision toute mathématique. » La conclusion semblait donc s'imposer. Cependant elle n'a pas encore, chez le disciple de Ferrier, la netteté qu'on aurait pu attendre : « Si le lobe limbique, dit-il, est sans aucun doute la principale station des perceptions sensibles, tactiles, etc., la région rolandique ou « motrice » de l'écorce est le lieu d'une série de centres kinesthésiques, ou sensori-moteurs, où se trouvent représentées les impressions de sensibilité correspondant aux différents segments des membres, y compris le sens musculaire, et dans lesquels les mouvements volontaires ont leur origine. »

Voici donc, pour l'éminent savant, l'enchaînement des processus qui concourent à la production d'un mouvement volontaire : 1° une perception sensible siégeant dans le lobe limbique ou ailleurs ; 2° un processus intellectuel de localisation inconnue ; 3° une représentation du mouvement à accomplir, localisée dans les centres kinesthésiques de la zone rolandique, d'où part le courant efférent. Les cellules d'origine des fibres du faisceau pyramidal qui transmettent à la moelle ce courant doivent être les grosses cellules de la quatrième couche de cette région de l'écorce (Ross). C'est, au contraire, aux petites cellules, beaucoup plus nombreuses, de la même zone corticale, que reviendraient les fonctions en rapport avec le courant afférent, fonctions des représentations sensitives ; bref, « la fonction de ces cellules consisterait dans un certain degré d'esthésie tactile des membres ou du corps, d'esthésie ou représentation sensitive de la posi-

tion des membres et segments de membres, esthésie dans laquelle entrent comme éléments constituants les sensations venues des muscles, des *fasciae,* des surfaces articulaires, etc. »

L'aire corticale du pouce fournit à Horsley un dernier exemple de ce genre de localisation. Beevor et Horsley avaient, chez un malade, diagnostiqué une tumeur du centre du pouce de l'hémisphère droit. Le néoplasme enlevé, la région limitrophe fut durant quelques jours mise hors de fonction par l'effet du shock ; des douleurs du pouce et de la main gauche succédèrent à la disparition de cet état, pur effet du traumatisme opératoire. Lorsqu'on demandait au malade : « Où sentez-vous la douleur dans votre main ? — A l'intérieur, répondait-il, dans les os. » Il indiquait ainsi que les sensations perçues provenaient des muscles, des articulations, des os, etc. Mais voici qui frappa bien davantage Horsley : « La douleur, demanda-t-il, s'arrête-t-elle dans la main ? — Non ; elle monte au bras, au cou, jusqu'à la tête. » Et, en parlant ainsi, le malade promenait sa main droite, saine, sur le dos de sa main gauche paralysée, sur le bras, sur le côté gauche du cou, et plaçait même exactement l'index sur le siège même de la lésion de l'aire rolandique droite ! Ce malade était un paysan, occupé aux travaux des champs, d'une instruction tout à fait rudimentaire. Cette « démonstration » inattendue de la doctrine qui enseigne que les centres de la région rolandique sont bien kinesthésiques, et partant représentent au moins la station dernière des mouvements volontaires, semble avoir fait sur Horsley l'effet, comme il s'exprime lui-même, d'une « révélation ».

Toute excitation volontaire ou électrique d'un nerf, d'un centre nerveux ou d'un muscle, provoque une *oscillation négative* du courant nerveux ou musculaire. Du Bois-Reymond, à qui l'on doit le fondement de la méthode galvanotropique (*Untersuchungen über thierische Electricität*), a montré que si l'on plonge les deux bras dans deux vases remplis de liquide reliés aux extrémités du fil d'un multiplicateur, l'aiguille de ce multiplicateur dévie après une forte contraction volontaire des muscles d'un des deux bras. L'aiguille dévie en sens contraire après une contraction musculaire de l'autre bras. « Nous pouvons donc, par la volonté, produire un courant électrique et faire dévier l'aiguille aimantée » (Rosenthal). De même si l'on excite un nerf ou un centre nerveux. Pour le nerf comme pour le muscle, l'activité s'accompagne d'un changement dans l'état électrique de l'organe consistant en une diminution ou oscillation négative du courant. Si l'on extirpe un œil avec une portion du nerf optique et qu'on mette ce nerf en communication avec un multiplicateur, dès qu'un faisceau de lumière arrive à l'œil jusque-là tenu dans l'ombre une oscillation négative du courant nerveux du nerf optique se manifeste immé-

diatement. Ces phénomènes électriques ont paru capables de servir, à côté des méthodes d'extirpation et d'excitation, à la détermination des centres fonctionnels de l'écorce cérébrale.

Détermination de la localisation et investigation expérimentale des centres fonctionnels corticaux et sous-corticaux par la méthode galvanométrique. — Dès 1875, R. CATON avait constaté, sur le lapin et sur le singe, que les courants galvaniques du cerveau en activité présentent une oscillation négative. Il fut le premier à appliquer la méthode galvanométrique à l'investigation des fonctions des centres nerveux et à leur localisation. Sans connaître cette communication faite au quarante-troisième congrès de la Brit. Medical-Association, DANILEWSKY (de Charkow) avait, en 1876, institué des expériences tout à fait semblables chez le chien. « Mon but, dit-il, était d'étudier les processus sensibles (émotions) du cerveau sous l'influence d'excitations externes au moyen de la *méthode électro-motrice.* » Sur des animaux légèrement narcotisés ou curarisés, les courants de l'écorce cérébrale ou des parties profondes du cerveau conduits par des électrodes d'argile distantes de 10 à 15 millimètres, et isolées dans des tubes de verre, firent toujours dévier l'aiguille du galvanomètre (un multiplicateur très sensible de DU BOIS-REYMOND) d'une manière correspondante aux excitations externes. Quelque imparfaits que fussent encore ces premiers résultats, DANILEWSKY était dès lors persuadé que, « toute excitation, même relativement faible, des organes des sens ou des nerfs sensibles de la vie organique (vague) provoque une modification appréciable des propriétés électromotrices d'une région déterminée des hémisphères (presque toujours croisée) et en particulier de l'écorce. » L'oscillation, presque toujours négative, était quelquefois positive. Nous reviendrons sur ces expériences et sur d'autres encore que DANILEWSKY fit connaître en 1891. D'autres travaux avaient paru dans l'intervalle, depuis celui de CATON, travaux dus à FLEISCHL (1883), GOTCH et HORSLEY (1888), CYBULSKI (1888), BECK (1890). E. FLEISCHL von MARXOW (de Vienne) avait, sous pli cacheté, déposé le 7 novembre 1883, à l'Académie des Sciences de Vienne, la communication suivante, ouverte le 20 novembre 1890 :

Si l'on réunit deux points symétriques de la surface des hémisphères, au moyen d'électrodes non polarisables, à un galvanomètre, on n'obtiendra qu'une très faible déviation, ou même aucune. Mais, si l'on excite un organe des sens, l'aiguille déviera dans une direction déterminée, dans une direction opposée à celle de l'organe excité. Il en était ainsi, en particulier, pour les sphères visuelles de MUNK reliées au galvanomètre lorsqu'on alternait l'éclairage des deux yeux. Les déviations furent plus ou moins faibles, ou nulles, consécutivement à des excitations olfactives

(vapeurs d'ammoniaque), mécaniques ou thermiques d'une extrémité. Cependant, déclare FLEISCHL, « il est facile, avec cette méthode d'excitation, de réussir à trouver les points de la surface de l'écorce cérébrale où, en suite de cette excitation, se manifestent des troubles intenses de l'équilibre électrique, de sorte qu'*on peut se servir de ce mode d'investigation pour découvrir les parties du cortex où arrivent à la conscience les différentes excitations des sens.* » Pendant la narcose de l'animal, les excitations périphériques des sens ne sont plus suivies d'aucune oscillation du galvanomètre. Au réveil, l'aiguille dévie de nouveau. « La narcose est donc une paralysie temporaire de l'écorce cérébrale... » Le refroidissement de la température du cerveau produit un effet analogue (1).

C'est aussi pour essayer de déterminer quels centres nerveux entrent en activité lorsqu'on excite un nerf centripète, dans le but de pouvoir déterminer ainsi les localisations fonctionnelles du cerveau et de la moelle épinière, que A. BECK institua une série d'expériences sur des animaux à sang froid et à sang chaud. Il avait été amené à s'occuper de cette question par le sujet de prix suivant de la Faculté de médecine de Cracovie (octobre 1888), ainsi formulé par CYBULSKI : « On recherchera si, au moyen de l'oscillation négative, on peut démontrer l'existence d'un état d'activité correspondant des centres nerveux ; au cas où des résultats positifs seraient obtenus, on devra déterminer, toujours au moyen de l'oscillation négative, la localisation des centres réflexes spinaux des extrémités postérieures, ainsi que celle de la vision sur l'écorce cérébrale et des centres automatiques de la moelle allongée. » Un hémisphère cérébral ayant été mis à nu sans léser la dure-mère, et deux électrodes non polarisables ayant été placées sur deux points du cerveau, BECK nota que les oscillations du galvanomètre n'étaient isochrones ni avec le rhythme de la respiration ni avec le pouls cérébral ; elles ne dépendaient donc pas des mouvements des animaux ; elles existaient chez des chiens curarisés. Il rapporta donc ces oscillations à des changements d'état d'activité des centres corticaux résultant de la propagation, dans ces aires, d'ondes nerveuses nées des excitations périphériques des sens correspondants. Ainsi, dans le cas où la rétine d'un œil est excitée par les rayons d'une lumière de magnésium, une tension électro-magnétique se manifeste dans le *lobe occipital* de l'*hémisphère opposé*. On pourrait ainsi, et BECK croit l'avoir fait, « délimiter les parties des centres de la vision chez le chien ; mais, chez le lapin, elles étaient disséminées sur toutes les régions postérieures des hémisphères. De même, ajoute-t-il, pour l'audition mentale ; mais avec des résultats

---

(1) *Centralbl. f. Physiol.*, 6 décembre 1890.

moins nets. De même encore les territoires corticaux de la sensibilité tactile réagissaient d'une manière correspondante aux stimulations locales de la périphérie. Il est intéressant de noter que, pour contrôler ces faits, BECK, ayant ensuite directement excité les parties de la convexité du cerveau antérieur où les électrodes non polarisables avaient été placées, obtint des effets identiques à ceux qu'avait déterminés l'excitation des différents nerfs de la sensibilité générale et spéciale dont les faisceaux se projettent dans ces aires corticales (1).

Les expériences de DANILEWSKY, continuées et reprises à une époque où il connaissait tous ces travaux, ainsi que ceux de GOTCH et de HORSLEY (2), n'ont eu également d'autre but que d'appliquer à l'étude des localisations cérébrales, c'est-à-dire de l'activité fonctionnelle des cellules nerveuses constituant les différents territoires différenciés du cortex, la méthode dite « électro-motrice ». Nous relevons les points suivants de son travail (3).

Une profonde narcose supprime absolument les phénomènes électromoteurs de l'écorce cérébrale. Il en est de même des réactions émotionnelles dues à ces états provoqués des centres du manteau et qui se manifestent d'ordinaire par des changements correspondants dans le rhythme des mouvements du cœur, la pression sanguine, l'état des pupilles, etc.

L'introduction des électrodes d'argile dans l'écorce, à une certaine profondeur, permet de constater des oscillations très nettes du courant consécutivement à des excitations périphériques transmises aux *régions sous-corticales*. Quant à la localisation, dans l'écorce elle-même, des phénomènes électro-moteurs ainsi provoqués, DANILEWSKY témoigne n'avoir pu la déterminer exactement : il a seulement noté que « l'excitation des nerfs qui se distribuent à la *peau* provoque le plus souvent une oscillation du courant dans les *lobes antérieurs du cerveau,* tandis que l'excitation des *nerfs acoustiques* (sons intenses) demeure sans effet sur cette région. C'est le contraire pour les *lobes postérieurs.* » Voici quelques expériences.

Excitation des nerfs sensitifs. I. Le « courant cérébral » étant au repos (*der ruhende Hirnstrom*) à gauche, dans l'étendue de la sphère motrice, marque 38°. Après une excitation du même côté, il descend à 30°, et l'aiguille reste encore longtemps à 31°. II. Le courant cérébral au repos

---

(1) BECK. *Die Bestimmung der Localisation der Gehirn-u. Rückenmarksfunktionen vermittelts der elektrischen Erscheinungen.* Centralbl. f. Physiol., 1890.

(2) F. GOTCH u. V. HORSLEY. *Ueber den Gebrauch der Elektricität für die Localisirung der Erregungserscheinungen im Centralnervensystem.* Centralbl. f. Physiol., 1891, IV, n° 22, p. 649-51.

(3) DANILEWSKY. *Zur Frage über die elektromotorischen Vorgänge im Gehirn als Ausdruck seines Thätigkeitszustandes.* Centralbl. f. Phys., 1891, 1 et suiv.

marquant 25°, à gauche, une excitation électrique des *nervi peronei dextri* provoque une forte *oscillation négative* : l'aiguille marque 12° au-dessus de o. III. Le courant cérébral correspondant au repos étant à 26°, une excitation forte et brève du nerf crural le fait tomber à 6°. Mêmes résultats si l'on excite le bout central du nerf vague, quoique l'oscillation négative soit moins accusée en ce cas et plus lente.

Excitation du nerf acoustique. I. Le « courant cérébral » étant au repos, et l'aiguille marquant 48°, après un cri fort et subit poussé près de l'oreille, il s'élève à 50° pour retomber immédiatement à 38°. Répétition de l'expérience : oscillation négative de 41° à 35°. II. Bruit aigu de sifflet : le courant diminue (de 26° à 6°, par exemple). Dans d'autres cas, au contraire, légère *oscillation positive*. III. Coup de revolver : le courant (lobe postérieur du cerveau) s'abaisse subitement, de 15° à o°, avec une oscillation en sens inverse jusqu'à 34°.

L'inhalation de vapeurs d'amylnitrite, la compression du larynx, de la trachée ou des deux carotides provoquent des modifications très nettes de l'état électro-moteur de la substance cérébrale. Les effets consécutifs à ces excitations externes ne succèdent pas immédiatement, mais seulement quelques secondes après. Dans quelques expériences, « l'excitation électrique de l'écorce d'un hémisphère a influé sur l'état électro-moteur de l'autre hémisphère (oscillations négatives et positives). »

Ces expériences prouvent manifestement, suivant DANILEWSKI, que les excitations propagées à l'écorce du cerveau par des stimulations externes sont accompagnées de phénomènes électromoteurs déterminés et enregistrables de cette écorce. Ces phénomènes électromoteurs sont des *signes objectifs* de *processus psychiques* qui nous sont *connus subjectivement* comme *sentiments, émotions, hallucinations*, etc. DANILEWSKI espère que désormais, après les recherches de FLEISCHL et de BECK, dit-il (sans parler des siennes), la *méthode électromotrice* servira non seulement à l'étude des localisations, mais figurera au nombre des procédés d'excitation de l'écorce cérébrale : « Je disais, en 1877 : L'étude des phénomènes électro-moteurs du cerveau doit être l'un des problèmes les plus importants de la physiologie du système nerveux central, parce que certains changements déterminés de cette propriété peuvent servir d'indices de l'état d'excitation de telle ou telle partie du cerveau. » On ne peut plus guère douter aujourd'hui que l' « investigation électro-motrice » du cerveau ne nous donne la possibilité d'étudier, d'une manière exacte, les conditions matérielles, fondamentales, des processus psycho-physiologiques, et d'établir pour les cellules nerveuses, comme on l'a fait pour les nerfs, les lois de leur activité physiologique. »

Dès 1888, F. GOTCH et V. HORSLEY avaient communiqué à la Société

R. de Londres des *Observations sur les phénomènes électro-moteurs de la moelle épinière des mammifères à la suite de l'excitation électrique de l'écorce cérébrale.* Au premier congrès international de physiologie, tenu à Bâle en 1889, HORSLEY et BEEVOR démontrèrent (expériences au Vesalianum, mercredi soir 11 septembre) que, consécutivement à l'excitation de la zone motrice du cerveau, la moelle épinière présente des variations négatives. Ils présentèrent les photographies des variations négatives observées sur le nerf sciatique des mammifères excité par un choc unique d'induction. Ces savants auteurs anglais revinrent sur ces études en 1890 soit à l'Institution royale de la Grande-Bretagne, soit dans le *Journal of physiology*.

En 1892 parut un mémoire considérable de FRANCIS GOTCH et VICTOR HORSLEY, consacré à l'étude des fonctions du système nerveux des mammifères et à la localisation de ces fonctions au moyen de la méthode électrique ou galvanométrique (1). Un premier point de fait, d'une grande importance pour la doctrine des localisations fonctionnelles du *cortex*, c'est que l'application sur l'écorce cérébrale d'un courant suffisamment intense pour provoquer des contractions musculaires unilatérales, ne détermine de changement électrique que dans *les nerfs correspondants du côté opposé* : « La localisation des centres (*foci*) de représentations des mouvements des membres antérieurs et postérieurs chez les carnivores, déterminée par d'autres observateurs, se trouve confirmée par l'emploi de la méthode électrique » (p. 386). Ces recherches ont constamment montré, dans les mains des savants anglais, que la méthode galvanométrique fournit les moyens de « différencier les centres du *cortex* » et de suivre le trajet des fibres qui, dans la moelle épinière, sont en rapport avec ces centres. Cependant, et quoiqu'ils aient institué quelques expériences sur les réactions du lobe occipital consécutives à l'excitation de la rétine chez le chat, les indications du galvanomètre n'ont point semblé assez régulières et constantes à ces auteurs pour les engager à pousser bien loin leurs investigations dans ce domaine. La valeur de la méthode n'en demeure pas moins indiscutable, ils le déclarent bien haut, en dépit des critiques qu'on lui peut faire.

GOTCH et HORSLEY ont trouvé en complète harmonie avec les résultats expérimentaux obtenus par la méthode électrique les faits et les doctrines de BASTIAN sur la *kinesthésie*. En somme, cette méthode d'investigation des fonctions du système nerveux des mammifères leur paraît être une des

(1) F. GOTCH and V. HORSLEY. *On the Mammalian nervous system, its Functions and their Localisation determined by an Electrical Method*, Croonian Lecture. Philos. Trans. of the R. Soc. of Lond. For the year, 1891, vol. 182. Lond., 1892, 267-526.

plus capables de « différencier la structure du système nerveux et de nous renseigner d'une manière précise sur la nature de l'activité fonctionnelle du névraxe. » Encore qu'ils n'aient employé jusqu'ici cette méthode que pour élucider un certain nombre de questions relatives aux fonctions du cerveau et de la moelle épinière, elle leur paraît tout indiquée dans l'avenir pour l'étude des fonctions des différents ganglions, pour celle des relations du système nerveux sympathique avec le reste du névraxe, pour celle enfin des portions centrales du bulbe, du cervelet et de l'encéphale (1).

Unilatéralité et bilatéralité fonctionnelle des hémisphères cérébraux. — On sait les progrès de la doctrine d'une représentation bilatérale des extrémités, du tronc et de la face dans chaque hémisphère cérébral, représentation sans doute inégale et toujours moindre pour le côté correspondant, si ce n'est quant aux mouvements du tronc, du larynx, de la face, des yeux, et des organes dont les mouvements sont d'ordinaire asso-

---

(1) Activité fonctionnelle des centres nerveux (*Ibid.*, p. 272 sq.) :

A. CORTEX.

1. *Période latente.* — Le temps perdu entre l'application du stimulus à l'écorce et le début de la contraction musculaire en réponse est de 6 centièmes de seconde en moyenne chez les carnivores. (FRANCK et PITRES, BUBNOFF et HEIDENHAIN, SCHÄFER, HORSLEY.)

2. *Excitabilité.* — Cette propriété de l'écorce cérébrale est profondément altérée (augmentée ou diminuée) par : l'hémorragie, l'anesthésie profonde, le refroidissement, le dessèchement, la fatigue, la stimulation périphérique de parties du corps fonctionnellement correspondantes et autres. (BUBNOFF et HEIDENHAIN, BUZZARD, EXNER.)

3. *Mode de décharge.* — Trois modes. L'impulsus engendré dans le *cortex* et qui descend aux muscles, sera, suivant la durée et l'intensité du stimulus, de la nature *a)* des décharges isolées produisant une contraction musculaire, ou *b)* des décharges composées produisant une contraction musculaire tonique, ou *c)* une combinaison de contractions *toniques* et *cloniques* (FRITSCH, HITZIG, FERRIER, MUNK, FRANCK, etc.) Cette dernière combinaison de contractions doit être considérée comme la décharge complète du *cortex*. Quand l'écorce a été complètement enlevée, l'excitation de la moelle ne détermine jamais cette combinaison de mouvements.

4. *Nature de la décharge.* — La contraction tonique est regardée par beaucoup d'auteurs comme une fusion de contractions provoquées par plusieurs décharges (FRANCK, SCHÄFER et HORSLEY.) Les contractions *toniques* et *cloniques* ont lieu dans l'ordre dit et doivent être considérées comme la « réponse musculaire à la décharge corticale complète », c'est-à-dire comprenant un effet primaire et un effet consécutif. Le nombre ou le rythme suivant lequel ces réponses musculaires se succèdent a varié avec les observateurs, les animaux et les instruments. On l'a estimé de 8 à 10 par seconde.

5. *Rapport de la décharge avec les parties du corps.* — Localisation de la représentation des grandes divisions du corps dans des aires définies du *cortex* (FRITSCH et HITZIG, FERRIER, MUNK, LUCIANI, SCHÄFER, BEEVOR, HORSLEY.) — Localisation de la représentation des segments des grandes divisions du corps dans des aires définies du *cortex* (BEEVOR et HORSLEY.). — Localisation de la représentation du caractère des différents mouvements des segments dans des aires définies du *cortex* (BEEVOR et HORSLEY.).

L'excitation de la *moelle épinière* diffère de celle du *cortex* par ce caractère, que la déviation de

ciés et simultanés. D'où la nécessité d'une extirpation bilatérale des centres corticaux de ces organes pour déterminer une paralysie : paralysie purement motrice pour les auteurs anglais qui, considérant comme anatomiquement séparés les centres moteurs et les centres sensitifs, situent ailleurs les centres de la sensibilité générale. Nous ne suivrons pas FERRIER dans son examen critique des observations cliniques de PETRINA, EXNER, LUCIANI et SEPPILLI, STARR, DANA, LISSO, etc., sur ce sujet (1).

« Il n'est point douteux pour moi, répète GOLTZ, que *chaque hémisphère du cerveau* est en rapport, au moyen des nerfs, avec tous les *muscles* et avec tous les *organes des sens* du corps entier. *Chaque territoire de la substance corticale du cerveau* est, indépendamment des autres, relié par les nerfs d'une part avec tous les *muscles* volontaires, de l'autre avec tous les *nerfs de la sensibilité* », c'est-à-dire avec tous les points sensibles des deux moitiés du corps. Les faisceaux croisés représentent seulement des voies d'un parcours plus facile que les faisceaux directs, reliant les moitiés homonymes du cerveau et du corps. Voilà pourquoi l'animal privé d'une

---

l'aiguille du galvanomètre commence avec l'application du stimulus et cesse brusquement avec l'excitation. La déviation de l'aiguille est ainsi bien nette, mais d'étendue moindre que lorsque l'écorce est excitée.

Activité fonctionnelle des voies nerveuses efférentes.

A. CORONA RADIATA.

1. *Période latente.* — Le temps perdu entre le moment de l'application du stimulus à la couronne rayonnante et le début de la contraction musculaire est d'ordinaire de 4 centièmes de sec. (FRANCK, etc.)

2. *Excitabilité.* — L'excitabilité des fibres de la couronne rayonnante est relativement plus élevée que celle du *cortex.* (VULPIAN, BOCHEFONTAINE, COUTY, ASCH, NEISSER, etc.)

3. *Mode de décharge.* — La contraction musculaire peut être une secousse simple ou un tonus. La « décharge corticale complète » (tonus et clonus) n'a jamais lieu après l'ablation complète du *cortex.* (FRANCK, BUBNOFF et HEIDENHAIN, HORSLEY, SCHÄFER et HORSLEY.)

4. *Nature de la décharge.* — Le tonus observé est regardé comme une fusion de réponses musculaires commençant et se terminant brusquement avec le commencement et la fin de l'excitation.

5. *Rapport de la décharge avec les parties du corps.* — Localisation des grandes divisions du corps dans certains districts déterminés des fibres issues des centres corticaux.

B. CAPSULE INTERNE.

1. *Excitabilité.* — Très élevée. (FRANCK, GLIKY, BEEVOR et HORSLEY.)

2. *Mode de décharge.* — On ne le saurait distinguer de celui de la couronne rayonnante.

3. *Nature de la décharge.* — De même.

4. *Rapport de la décharge avec les parties du corps.* — Localisation de la représentation des grandes divisions du corps dans des territoires déterminés de fibres. (FRANCK et PITRES, GLIKY, BEEVOR et HORSLEY.) — Localisation de la représentation des segments des grandes divisions du corps dans des territoires déterminés de fibres. (BEEVOR et HORSLEY.) — Localisation de la représentation du caractère des différents mouvements des segments dans des territoires déterminés de faisceaux de fibres. (BEEVOR et HORSLEY.)

(1) Voir, pour les textes et la discussion critique des faits, J. SOURY, *Les fonctions du cerveau.* Paris, 2e édition, 1892, 55-65.

moitié de ses hémisphères cérébraux doit déployer plus d'effort pour exécuter des mouvements du côté opposé à la lésion, les voies de transmission qui persistent alors présentant plus de résistance (GOLTZ, VIe *Mém.*, 1888).

La doctrine de la *bilatéralité fonctionnelle du cerveau,* c'est-à-dire de l'existence, dans chacun des deux hémisphères, des conditions nécessaires à l'innervation bilatérale des grandes divisions du corps et de ses divers segments, impliquerait les hypothèses suivantes : 1° dans une région considérée d'un hémisphère, dans celle des membres, par exemple, les mouvements volontaires des extrémités de chacune des deux moitiés du corps se trouveraient représentés ; 2° l'excitation électrique de l'écorce d'un hémisphère éveillerait l'activité des aires corticales correspondantes de l'hémisphère opposé ; la réaction motrice bilatérale en résulterait ; 3° l'excitation du *cortex* se propagerait aux ganglions de la base, au cervelet ; 4° les courants efférents, quoique leurs relations anatomiques avec les centres de la moelle allongée et de la moelle épinière soient unilatérales, ne laisseraient pas de réagir, au moyen de commissures, sur les deux moitiés du corps.

GOTCH et HORSLEY ont fait un grand nombre d'expériences sur le névraxe, en recourant en particulier à la méthode galvanométrique, pour essayer d'élucider cette question qui, comme tant d'autres, cesserait d'en être une le jour où les hypothèses sur lesquelles elle repose auraient été ruinées par l'observation et l'expérimentation. BROWN-SÉQUARD soutenait, on le sait, et toujours avec plus de décision, que les voies nerveuses reliant au corps chaque hémisphère sont doubles et que, dans chaque hémisphère, sont représentés à la fois les organes centraux de la sensibilité et du mouvement des deux moitiés droite et gauche du corps. Des deux hémisphères, constituant en réalité non un organe double, comme nous l'enseignons, mais deux organes distincts et complets, « deux cerveaux », un seul, suivant BROWN-SÉQUARD, fonctionnait habituellement. Avant de rapporter les observations des cliniciens, nous citerons le résumé, le premier et le plus exact, que GOTCH et HORSLEY ont donné des travaux des physiologistes qui les ont précédés, sur la question de savoir si les deux moitiés du corps, ou seulement la moitié opposée, sont représentées dans chaque aire motrice des deux hémisphères cérébraux (1).

---

(1) GOTCH and HORSLEY. *On the mammalian nervous system, its Functions and their Localisation determined by an electrical Methode.* Phil. Trans. of the R. Soc. of Lond. (1891). Lond., 1892, p. 342, ch. VII : On bilaterality of representation in the cerebrum, as evidenced by the electrical

I. *Expériences d'excitation du cortex.* — Hitzig (1870), puis Ferrier, Albertoni, Munk, Franck et Pitres ont observé que l'excitation d'un hémisphère, chez les carnivores, détermine des mouvements non seulement du côté opposé du corps, mais aussi du même côté que l'hémisphère excité. Franck et Pitres ont montré en outre que lorsque les muscles du côté correspondant étaient mis en action, ils se contractent 1 centième de seconde plus tard que ceux du côté opposé, observation dont les auteurs anglais relèvent l'importance. Bubnoff et Haidenhain, Carville et Duret ont confirmé ces faits. Jänicke (1883) a remarqué qu'alors que, chez le chien, la représentation des muscles du facial est toujours bilatérale, l'unilatéralité est, au contraire, la règle, à cet égard, pour les membres, encore qu'il y ait des exceptions. De même Unverricht. Lewaschew (1886) a vu que les mouvements du côté opposé étaient coordonnés comme des mouvements volontaires, tandis que la réaction motrice du côté correspondant à l'hémisphère excité présentait le caractère d'une simple réaction tonique. Schäfer et Horsley (*Philos. Trans.*, 1888) ont constaté que la représentation bilatérale des muscles du facial existait chez diverses espèces de singes, mais que les muscles du tronc et des membres n'avaient qu'une représentation unilatérale dans les hémisphères. Schäfer et Mott (1890) ont reconnu exactes ces observations. Beevor et Horsley (1887-1890) ont montré encore que, chez le Bonnet (*macacus sinicus*), le tronc ainsi que les membres ne possédait qu'une représentation unilatérale, alors que d'autres groupes de muscles, tels que ceux de la langue, du *buccinator oris*, etc., étaient au contraire bilatéralement représentés dans chaque hémisphère. Semon et Horsley (1890) ont établi que, chez tous les animaux, la représentation corticale des mouvements des cordes vocales est absolument bilatérale. Cette même bilatéralité avait d'abord été observée chez le chien par Krause ; Masini l'avait contestée. Brown-Séquard (1887) avait cru que l'excitation du *gyrus fornicatus*, chez le singe, provoque des mouvements du côté du corps correspondant, tandis que celle du *lobule paracentral* en détermine du côté opposé. Asch et Neisser (1887) écrivirent que l'excitation de l'écorce cérébrale produit, chez le lapin, des réactions motrices des muscles du côté correspondant et, subséquemment, du côté opposé ; la stimulation de la couronne rayonnante au contraire provoque d'emblée des mouvements du côté opposé (narcose incomplète). Couty (1883) avait noté le même phénomène chez des rongeurs, mais sans narcose. Braun de même. Enfin Stefahny (1888) a vu, chez des lapins, des mouvements bilatéraux répondre à l'excitation d'un seul hémisphère.

II. *Expériences d'excitation du cortex avec division des commissures, c'est-à-dire du corps calleux*, etc. — Exner a trouvé que, chez le lapin, après la section des commissures, et même après l'ablation d'un hémisphère du cerveau, il se produit des mouvements bilatéraux (1881). Franck et Pitres ont vu, après avoir divisé le corps calleux, les commissures antérieure et moyenne, la protubérance même, les réactions bilatérales persister chez le chien. Gotch et Horsley se demandent si la nature de celles-ci n'était pas celle d'un simple *tonus*. Gliky (1876) constata aussi, chez le lapin, la persistance de la bilatéralité des mouvements provoqués après une division de toutes les parties du cerveau antérieur sur la ligne médiane jusqu'au mésencéphale. Horsley, après division du corps calleux et des autres commissures cérébrales, montra que, quoique des mouvements bilatéraux puissent être provoqués, comme l'avaient constaté Franck et Pitres, en excitant un hémisphère, le

---

changes in the spinal cord and mixed nerve. Par *méthode électrique* ou *galvanométrique*, ces auteurs, comme ceux qui les ont précédés, entendent, nous l'avons montré, l'étude des fonctions du système nerveux central par les variations (oscillations négatives et positives) de l'état électro-moteur des différentes régions du névraxe.

caractère de ces mouvements n'était pas le même des deux côtés : la réaction corticale vraie, celle du *tonus* suivie de *clonus*, n'apparaissait que du côté opposé à l'excitation ; du côté correspondant, l'effet produit n'était qu'un mouvement tonique, qui souvent même faisait défaut.

III. *Expériences d'excitation du cortex avec excision de l'aire « motrice » opposée.* — Franck et Pitres chez le chien, Exner chez le lapin, ont constaté la persistance de mouvements bilatéraux même après l'ablation de l'aire motrice opposée. Horsley (1885) fit la même observation chez le chien ; mais il découvrit que, tandis que les membres opposés à l'hémisphère excité présentent l'ordinaire combinaison de *tonus* suivi de *clonus*, les membres du côté correspondant n'ont encore que des contractions toniques. Le même fait se vérifia lorsque, après l'ablation de l'aire motrice d'un hémisphère, une injection intraveineuse d'absinthe fut administrée au chien. Dans les convulsions épileptiques consécutives, les membres correspondants au siège de l'ablation, c'est-à-dire de la moitié opposée du corps, ne présentèrent que des contractions toniques : la « décharge complète de l'écorce », comme s'expriment toujours Gotch et Horsley, celle qui résulte de l'excitation d'un hémisphère indemne, c'est-à-dire les contractions toniques et cloniques, furent au contraire ici extrêmement nettes dans les membres innervés par l'hémisphère intact. Chez le chat, le *tonus* du côté de l'hémisphère sain a été trouvé très faible. De même, et plus encore, chez le singe ; peut-être, chez l'homme, fait-il même défaut dans ces circonstances. Semon et Horsley ont constaté que, chez tous les animaux examinés (lapins, chats, chiens, singes), les mouvements bilatéraux des cordes vocales ont toujours répondu à l'excitation du centre correspondant de représentation corticale d'un hémisphère, quand le centre homonyme de l'autre hémisphère avait été enlevé.

IV-V. *Expériences d'excitation du cortex avec hémisection de la moelle épinière* (méthode d'Eckhard). *Ablation d'un hémisphère.* — On sait qu'après des ablations très étendues de l'écorce d'un hémisphère, d'un hémisphère entier, etc., Goltz estime que l'animal marche, court, se sert de ses membres pour tous les mouvements automatiques de son alimentation sans qu'il y ait d'hémiplégie apparente qui persiste comme chez le singe et l'homme. Cependant tous les auteurs ont reconnu l'existence, durant quelques semaines, d'une hémiplégie marquée du côté opposé à la lésion, chez les carnivores. D'après Hitzig, la perte du « sens musculaire » est permanente chez ces animaux. Ce fait, aussi bien que la persistance concomitante de l'anesthésie aux impressions tactiles ordinaires, a été mis en lumière dans les expériences de Schiff et dans celles de Horsley. Semon et Horsley, après l'ablation d'un hémisphère, ont d'ailleurs établi que les mouvements « automatiques », mouvements respiratoires, mouvements des cordes vocales, etc., avaient gardé leur caractère de parfaite bilatéralité.

VI. *Ablation de l'aire motrice d'un hémisphère suivie de l'ablation de l'aire motrice de l'autre hémisphère.* — Expériences de Carville et Duret (1875). Hypothèse d'une suppléance de l'hémisphère intact.

VII. *Excitation et dégénération du corps calleux.* — Pour Schäfer et Mott (1890), aussi bien que pour Sherrington (1889), il résulte des expériences et des observations de cette nature que le corps calleux est une véritable commissure des deux aires « motrices » des hémisphères. Brown-Séquard avait montré que le corps calleux est excitable dans son tiers moyen et que ses fibres commissurent les « deux cerveaux » (1879, 1881).

VIII. *Dégénération des faisceaux latéraux après excision de portions du cortex.* — La bilatéralité fonctionnelle a été aussi rapportée aux fonctions des fibres qui dégénèrent bilatéralement dans la moelle épinière (Pitres, 1884) après une lésion destructive d'un hémisphère cérébral. Les auteurs anglais ne sauraient décider la question de savoir si les

faisceaux des cordons latéraux ne subissent pas un second entrecroisement dans la moelle. UNVERRICHT, entre autres, pour expliquer la persistance des spasmes cloniques dans les muscles dont les centres moteurs avaient été extirpés, supposait que ces « convulsions secondaires » (*secundäre Krämpfe*), qu'il oppose aux « convulsions primaires » des muscles dont les centres corticaux sont intacts, ne pouvant venir de l'hémisphère opposé ou *croisé*, provenaient de l'hémisphère du côté *correspondant*, du fait d'un second entrecroisement, dans la moelle, des faisceaux cortico-musculaires. C'était le cas en particulier pour les faisceaux d'innervation du tronc : « Les faisceaux qui innervent le tronc, a-t-il écrit, après avoir dépassé la ligne médiane dans l'entrecroisement des pyramides, repassent en descendant de l'autre côté... (1). »

Depuis la découverte de la voie nerveuse centrale reliant l'écorce cérébrale aux cellules motrices ganglionnaires des cornes antérieures de la moelle épinière (2), un grand nombre d'hypothèses ont été proposées pour expliquer les faits cliniques et expérimentaux d'altérations fonctionnelles du côté du corps correspondant aux territoires d'origine du faisceau pyramidal *croisé*, par conséquent sur la moitié du corps prétendue saine chez les hémiplégiques typiques. WESTPHAL, par exemple, observa le clonus du pied sur l'extrémité « saine » dans l'hémiplégie (1875). DEJERINE constata l'existence de tremblements réflexes dans le membre non paralysé chez certains hémiplégiques. PITRES, en des mémoires renommés (1880-1884), insista, ainsi que FLECHSIG, sur la grande irrégularité de distribution des fibres des faisceaux pyramidaux dans les pyramides.

Presque toutes les observations d'anatomie normale et pathologique instituées sur l'homme et les animaux n'ont fait que confirmer le fait, signalé par FLECHSIG dans ses *Leitungsbahnen*, de la variabilité extrême de structure de la voie des pyramides. A peine est-il permis de conclure d'un animal à l'autre, a écrit HOCHE, lorsqu'on a suivi attentivement sur des coupes la disposition des différents faisceaux de cette voie chez l'homme et les animaux (3).

Dans quarante cas de lésions unilatérales du cerveau, dix fois PITRES

---

(1) UNVERRICHT. *Ueber doppelte Kreuzung cerebro-spinaler Leitungsbahnen*. Neurol. Centralbl., 1890, 483 sq.

(2) TÜRCK. *Ueber secundäre Erkrankung einzelner Rückenmarksstränge und ihrer Fortsetzungen zum Gehirn*. Sitzungsb. d. k. Ak. d. W. zu Wien, märz 1851. Ibid., 1853, 1855. CHARLES BOUCHARD. *Des dégénérations secondaires de la moelle épinière*. Arch. génér. de méd., 1866, I, 272, 441, 561 ; II, 273.

(3) A. HOCHE. *Ueber Variationen im Verlaufe der Pyramidenbahn*. Neurol. Centralbl., 1897, 993 sq. Cf. PHILIP ZENNER. *Ein Fall von Hirngeschwulst in der linken motorischen Sphäre, linkseitiger Lähmung, Abwesenheit der Pyramidenkreuzung*. Neurol. Centralbl., 1898, 202 sq. Quoique P. FLECHSIG considère l'*absence d'entrecroisement des pyramides* comme un phénomène qui n'est pas rare, il n'existait pas encore dans la littérature de cas où cette anomalie eût été décrite dans le cerveau de l'adulte.

releva une sclérose des deux cordons latéraux des pyramides. CHARCOT, pour expliquer ces dégénérescences descendantes des deux cordons latéraux, avait postulé un second entrecroisement d'une partie des fibres des faisceaux pyramidaux dans la moelle épinière, reliant par la commissure blanche antérieure un faisceau latéral à l'autre. DEJERINE et THOMAS sont revenus naguère à cette hypothèse. HALLOPEAU supposa que les processus pathologiques des fibres dégénérées d'un faisceau se propageaient aux fibres normales de l'autre faisceau au niveau de l'entrecroisement des pyramides. L'expérimentation physiologique étudia à son tour les rapports d'un hémisphère cérébral avec les deux cordons latéraux des faisceaux pyramidaux. PITRES et FRANÇOIS FRANCK constatèrent, six mois après l'ablation d'un gyrus sigmoïde, chez le chien, outre la dégénérescence secondaire du faisceau latéral croisé, une lésion de même nature des deux tiers postérieurs du faisceau latéral du côté correspondant à la lésion cérébrale. Les expériences de MOELI, de SCHÄFER, de LANGLEY, et de SHERRINGTON ont continué cette enquête. SHERRINGTON, après extirpation, partielle ou totale, du territoire cortical de la *cord-area*, c'est-à-dire de la région de l'écorce dont l'ablation est suivie de la dégénérescence du faisceau pyramidal, aperçut, vers la fin du deuxième mois, la dégénérescence, visible à l'œil nu, du faisceau latéral du côté correspondant à la lésion cérébrale se joindre à celle du cordon latéral croisé et se propager de la région cervicale à la région lombaire ; les lésions dégénératives étaient pourtant beaucoup plus graves (sclérose) dans le cordon croisé ; car, après onze mois, on ne décelait plus que de légères traces d'altérations anatomiques dans le cordon pyramidal homolatéral. Pour expliquer ce phénomène, SHERRINGTON supposa l'existence de faisceaux qu'il appela *re-crossed pyramidal tracts* (1888, 1889, 1890). Ces faisceaux, composés de fibres issues de l'écorce cérébrale d'un même hémisphère, croiseraient deux fois la ligne médiane. Voilà comment *chaque hémisphère* serait, chez les mammifères, directement en connexion avec les *deux moitiés de la moelle épinière*. Après extirpation unilatérale des régions motrices, LŒWENTHAL n'observa que dans deux cas, sur vingt, une faible dégénération bilatérale des cordons latéraux des pyramides, et seulement jusqu'au milieu de la moelle dorsale. UNVERRICHT et ses élèves admirent, comme CHARCOT et SHERRINGTON, un double entrecroisement des voies cortico-spinales (chez le chien). La découverte de la coloration de MARCHI relative aux fibres nerveuses dégénérées ouvrit pour cette étude une ère nouvelle. SANDMEYER (1891), qui, après MARCHI et ALGERI (1887), SINGER et MÜNZER (1890), employa cette méthode, constata bien, mais non toujours, la dégénération du cordon latéral homolatéral ; à peu près contemporaine de celle du cordon latéral croisé, elle apparaissait nettement neuf jours après

l'opération. Avec la même méthode, après la destruction unilatérale d'une sphère motrice, MURATOW trouva, au bout de trois ou quatre semaines, à côté de la dégénération classique du cordon latéral croisé, une dégénération plus faible de celui du côté correspondant à la lésion (1893).

Après avoir, dans un grand nombre d'expériences, enlevé soit certaines aires déterminées, soit toute la sphère motrice du cerveau du chien et traité les coupes avec la méthode de MARCHI, W.-A. MURATOW, dans une première série d'expériences, constata les *dégénérations descendantes* suivantes consécutives à ces lésions (1) :

1° La dégénération des cordons latéraux des pyramides est bilatérale après une lésion unilatérale. Dans l'entrecroisement incomplet de chaque pyramide, en effet, des fibres passent directement dans chacun des deux cordons latéraux. Si la plus grande partie de ces fibres passe dans le cordon latéral opposé, une autre partie, la plus petite, descend dans le cordon latéral correspondant de la moelle épinière (cordon pyramidal homolatéral). Chez le chien, ce cordon est analogue, dit MONAKOW, au cordon de TÜRCK chez l'homme.

Presque tous les auteurs tombent d'accord qu'un foyer *unilatéral* de l'écorce du chien détermine une dégénération *bilatérale*. Des dégénérations bilatérales ont été observées chez l'*homme* aussi dans les mêmes conditions (CHARCOT, PITRES, FÜRSTNER, SHERRINGTON, MURATOW, etc.). Des pyramides de la moelle allongée, les fibres descendantes vont à *trois* systèmes de la moelle épinière : *a*) la plus grande partie de ces fibres descend dans le cordon latéral opposé ; *b*) la plus petite dans le cordon latéral correspondant ou homolatéral ; *c*) une certaine partie reste de ce même côté, et forme dans le cordon antérieur de la moelle épinière le faisceau pyramidal direct de TÜRCK. Il est aujourd'hui démontré que chaque pyramide est en rapport avec les deux cordons latéraux de la moelle épinière. La dégénération bilatérale qui succède à une lésion unilatérale en foyer de l'écorce du cerveau de l'homme, ou de celle du cerveau du chien, se trouve ainsi expliquée anatomiquement. L'analogie est réelle à cet égard entre les pyramides de l'homme et des mammifères inférieurs : les fibres pyramidales du même faisceau descendent dans les deux cordons latéraux, croisé et correspondant. La structure anatomique et les causes de la dégénération descendante bilatérale dans des conditions semblables sont les mêmes chez l'homme et chez le chien. Il en est de même pour les voies d'association longues et courtes et pour les fibres commissurantes des hémisphères cérébraux (2).

Les rapports, aujourd'hui démontrés, de chaque hémisphère avec les

---

(1) MURATOW. *Experimentelle absteigende Degenerationen bei corticale Herden*. Gesellsch. d. Neuropath. u. Irrenärzte zu Moskau. Neurol. Centralbl., 1893, 759. — *Secundäre Degenerationen nach Zerstörung der motorischen Sphäre des Gehirns in Verbindung mit der Frage von der Localisation der Hirnfunctionen*. Arch. f. An. u. Phys., 1893.

(2) MURATOW. *Zur Pathologie der Gehirndegenerationen bei Heerderkrankungen der motorische Sphäre der Rinde*. Neurol. Centralbl., 1895, 482.

deux moitiés de la moelle épinière, permettent de comprendre en partie la possibilité de restitution des fonctions d'un hémisphère par celles de l'autre hémisphère (*vicariirendes Eintreten*).

2° L'étendue de la dégénération dépend de celle des parties de l'écorce qui ont été enlevées. Si le centre de la patte antérieure a été extirpé, la dégénération descendante ne s'étend que jusqu'à la partie supérieure du thorax. Si c'est le centre du membre postérieur ou des membres antérieur et postérieur, ou même toute la sphère motrice, la dégénération s'étend aux régions thoraciques et lombaires. En outre, dans l'ablation de toute la zone excitable, certaines fibres de la moelle allongée et du pédoncule cérébral dégénèrent aussi, qui représentent peut-être des « connexions centrales des nerfs crâniens »; ces dernières fibres dégénèrent aussi après l'ablation du centre du facial; elles demeurent intactes après l'extirpation des centres moteurs des extrémités.

3° Dans la *couronne rayonnante* et dans la *capsule interne*, le nombre des fibres dégénérées est directement proportionnel à l'étendue du foyer.

Ces constatations exactes de dégénération secondaire permettent d'affirmer une fois de plus que, non seulement pour des raisons physiologiques, mais de par les faits anatomiques, l'écorce est bien divisée en centres moteurs distincts, puisque la dégénération descendante des faisceaux nerveux dont les cellules d'origine sont dans ces territoires corticaux diffère, quant à sa localisation dans les diverses régions du névraxe, avec la région extirpée de l'écorce du télencéphale. Il est encore démontré que *les deux hémisphères régissent chacun les deux moitiés du corps*, ce qui rend compte, nous le répétons, du retour ou plutôt de la compensation des fonctions perdues après la destruction d'un hémisphère ou des parties d'un hémisphère. Muratow estime que les phénomènes observés par Goltz sur ses chiens opérés s'explique par ces faits anatomiques. L'étude du cerveau ne doit plus aujourd'hui se borner à de pures expériences de physiologie, dit avec toute raison le savant russe : il faut aussi considérer de très près les lésions anatomiques et ne jamais perdre de vue les connexions des diverses provinces du névraxe. L'étude des localisations cérébrales ne relève pas moins désormais de l'*anatomie* que de la *physiologie*. Ce sont là des principes de toute vérité et dont nous avons été heureux de retrouver la déclaration chez Paul Flechsig.

Chez l'homme, Muratow a vu, six mois après la destruction du noyau lenticulaire, des capsules interne et externe et de l'avant-mur de l'hémisphère gauche, une dégénération consécutive, à partir de l'entrecroisement des pyramides, d'un certain nombre de fibres dans chaque cordon latéral, quoique la pyramide droite fût intacte. Mott incline aussi à croire que, toujours après la destruction d'un centre des extrémités, quelques

fibres, issues de la pyramide dégénérée, passent, au niveau de l'entrecroisement des pyramides, dans le cordon latéral du côté correspondant à la lésion cérébrale.

Il ressort, en toute évidence, de cette revue sommaire de quelques chapitres de l'histoire des dégénérations des voies des pyramides consécutivement à l'extirpation unilatérale des centres corticaux des extrémités, qu'une lésion de ce genre entraîne souvent, outre la dégénération *forte* du faisceau latéral pyramidal croisé, une dégénération *faible* du faisceau latéral pyramidal homolatéral. Les auteurs ne s'accordent d'ailleurs pas plus sur la fréquence et l'étendue que sur les raisons étiologiques de ce processus. On peut ranger sous trois chefs les essais d'explication : 1. De chaque pyramide part la plus grande partie des fibres qui vont constituer le faisceau latéral pyramidal croisé ; mais, dans l'entrecroisement des pyramides, un certain nombre de fibres passent dans le faisceau latéral pyramidal homolatéral (Pitres, Muratow, Mott). La dégénération d'une pyramide entraîne donc la dégénération descendante des deux voies latérales des pyramides. 2. En passant par l'entrecroisement des pyramides, une partie des fibres provenant de la pyramide saine est envahie par le processus pathologique dont sont atteintes les fibres de la pyramide en voie de dégénérescence (Hallopeau). 3. Les fibres dégénérées du faisceau latéral pyramidal croisé arrivent dans le faisceau latéral homolatéral : *a*) par la commissure antérieure (Charcot) ; *b*) par un second entrecroisement intra-médullaire des faisceaux cortico-spinaux (Sherrington, Unverricht).

Rothmann a poursuivi à son tour la solution de ce difficile problème en mettant à profit les nombreux et importants matériaux provenant des expériences de Munk sur la localisation fonctionnelle des sphères sensitives de l'écorce (1892-1895). En outre Rothmann a étudié les lésions secondaires résultant d'ablations pratiquées par Munk lui-même pour servir à ces nouvelles recherches. Rothmann s'est posé trois questions. 1. Une extirpation *unilatérale* des centres corticaux des extrémités est-elle suivie d'une dégénération *bilatérale* des cordons latéraux des voies des pyramides ? 2. Avec quelle fréquence et quelle intensité le cordon latéral pyramidal du côté correspondant à la lésion dégénère-t-il ? 3. Quel est le *modus faciendi* de cette lésion ? Sur les chiens et les singes conservés plus ou moins longtemps en vie après l'opération (toujours pratiquée à gauche) il existait, outre de fortes dégénérations de la pyramide gauche, et du cordon latéral pyramidal droit, une faible dégénération du cordon latéral pyramidal gauche, laquelle, diminuant d'intensité de haut en bas, disparaissait tout à fait au bas de la moelle dorsale ou en haut de la moelle lombaire. Dans tous les cas la pyramide droite était intacte. Mais, quand les animaux ont survécu assez longtemps, le cordon latéral gauche apparaissait complè-

tement intact (1). Ces faits établissent d'abord qu'on ne saurait admettre un entrecroisement des fibres pyramidales dans la moelle épinière, par la commissure antérieure, etc. La pyramide droite (provenant ici de l'hémisphère intact) était *toujours* exempte de lésions dégénératives. Enfin, il n'est plus guère possible de soutenir que, de la pyramide dégénérée, des fibres, affectées de ce processus, passent *directement* dans le cordon latéral du côté correspondant à la lésion au niveau de l'entrecroisement des pyramides : ROTHMANN proteste n'avoir jamais aperçu de fibres engagées dans ce trajet, à ce même niveau du névraxe. Ce qu'il a vu, dans quelques cas, c'est, du même côté que la lésion, un certain nombre de fibres dégénérées, assez rares, s'entrecroisant, dans l'entrecroisement des pyramides, avec la masse des fibres dégénérées provenant du cordon latéral pyramidal croisé.

Toutefois, c'est un fait que les deux faisceaux latéraux dégénèrent, quoique très inégalement, après une lésion destructive des sphères sensitives des extrémités sur un seul hémisphère. L'hypothèse nécessaire se formulerait ainsi, suivant ROTHMANN. Les fibres pyramidales dont un traumatisme expérimental a détruit les cellules d'origine traversent deux stades de dégénération : 1° dans un premier stade, elles augmentent de volume ; 2° dans le second elles se résorbent ; la myéline et le cylindraxe se détruisent. Or, dans la dégénération descendante, les fibres pyramidales, d'abord augmentées de volume, comprimeraient, aux points d'entrecroisement des pyramides, une partie des fibres provenant de la pyramide normale et y détermineraient des processus de dégénérescence d'intensité et d'extension bien moins considérables, et dont l'apparition serait nécessairement plus tardive que pour les fibres pyramidales dont les cellules d'origine ont été détruites. Mais, dès le début de la résorption de la myéline des faisceaux dégénérés, la pression exercée dans l'entrecroisement des pyramides par les fibres malades sur les fibres saines, venant à cesser, ces dernières, dont les neurones corticaux sont intacts, se régénéreraient, au cas naturellement où leur cylindraxe n'aurait point subi ou provoqué dans le cytoplasma de lésions irréparables. En somme, il s'agirait d'une *dégénération par compression*, telle qu'on l'observe dans d'autres provinces du système nerveux central, par exemple dans le chiasma des nerfs optiques. Cette conception du mode de production de la dégénération bilatérale des cordons latéraux pyramidaux de la moelle épinière après une lésion en foyer unilatérale du cerveau rendrait compte

---

(1) MAX ROTHMANN. *Ueber die Degeneration der Pyramidenbahnen nach einseitiger Extirpation der Extremitätscentren*. Neurol. Centralbl., 1896, 11 sq.

de la disparition des altérations dégénératives du cordon latéral du côté correspondant à la lésion chez les animaux qui ont survécu assez de temps à l'opération. Ces altérations disparaissent du deuxième au quatrième mois. « A partir du quatrième mois, écrit Rothmann, on n'en trouve plus trace, encore qu'il doive exister des différences individuelles. » Les résultats auxquels Rothmann a été conduit sont, on le voit, inconciliables avec l'hypothèse d'après laquelle chaque pyramide serait en rapport avec les deux cordons latéraux des pyramides. Toutefois, dans un cas, toujours consécutivement à une extirpation unilatérale des centres des extrémités, Rothmann a trouvé confirmés les résultats de Muratow relativement au trajet des fibres dégénérées allant du centre détruit au centre correspondant de l'autre hémisphère par le corps calleux.

Ainsi, et ce sont les conclusions mêmes de Rothmann : 1° La destruction unilatérale des centres corticaux des extrémités détermine une *dégénération bilatérale des cordons latéraux* des pyramides. 2° Cette dégénération bilatérale existe dans tous les cas récents, quatre semaines au moins après l'opération (chiens, singes), quoique l'altération dégénérative du cordon latéral du côté correspondant à la lésion ne soit souvent que fort légère. 3° La dégénération du cordon latéral du côté correspondant débute dans l'entrecroisement des pyramides ; les fibres provenant de la pyramide normale sont comprimées en ce point par les fibres de la pyramide dont les cellules d'origine ont été détruites ; ces fibres dégénérées se trouvent alors dans le premier stade de dégénération. 4° Deux à quatre mois après l'opération, les symptômes de dégénérescence des cordons latéraux du côté correspondant rétrocèdent ; bientôt ils disparaissent sans laisser de traces appréciables. 5° Si, chez l'homme, la dégénérescence du faisceau latéral pyramidal homolatéral persiste, même au stade postérieur de dégénération des fibres du faisceau latéral pyramidal croisé, il faut rapporter ce phénomène à l'état de la nutrition du système nerveux central (artério-sclérose). 6° Il n'existe pas, dans la moelle épinière, d'entrecroisement des fibres pyramidales réunissant entre eux les deux faisceaux latéraux de la voie des pyramides.

Avec nombre de cliniciens, Unverricht révoque en doute aussi la validité générale de la loi de l'innervation croisée. L'affaiblissement des membres non paralysés dans l'hémiplégie cérébrale, ainsi que d'autres phénomènes moteurs présentés par la moitié du corps correspondant au côté de la lésion, demeurent encore inexpliqués. Une partie d'ailleurs des fibres des faisceaux cortico-musculaires descend directement, sans subir d'entrecroisement, dans les cordons antérieurs de la moelle. Les mouvements bilatéraux, symétriques, associés, des extrémités, n'existent pas seulement chez les hémiplégiques, les hystériques, les enfants ; on les

observe chez les adultes normaux. « Lorsque l'on écrit de la main droite, dit Féré, il ne se passe dans la main gauche aucun mouvement appréciable ni pour celui qui écrit ni pour ceux qui l'observent ; mais si une main étrangère s'oppose au mouvement de la main droite, le sujet en expérience sent bientôt des mouvements dans sa main gauche, et les assistants peuvent le constater. » Ainsi, conclut Féré, lorsqu'un mouvement unilatéral rencontre un obstacle, « l'influx nerveux a une grande tendance à prendre la voie symétrique du côté opposé ».

Damsch a rapporté deux cas de mouvements associés chez des sujets dont la motilité était intacte (1). Voici la première de ces observations :

Un laboureur de 22 ans, dont l'oncle avait présenté la même affection, laissa paraître dès la première enfance le phénomène des mouvements associés. Intelligence normale. Ces mouvements (*Mitbewgungen*) accompagnaient tous ceux qu'il exécutait volontairement avec la main et le bras d'un côté du corps et ne pouvaient être réprimés par la volonté. Les mouvements les plus compliqués d'une main, par exemple, étaient exactement *imités* par l'autre. Les mouvements d'une articulation déterminaient des mouvements associés correspondants de l'autre côté. Bref, les paires de muscles des membres supérieurs et des épaules se contractaient toujours des *deux côtés* dans les mouvements intentionnels *unilatéraux*. Un côté était mû volontairement, l'autre involontairement. Les mouvements voulus du côté droit étaient accompagnés de mouvements associés plus intenses, du côté gauche, que lorsque ces mouvements se produisaient dans un ordre inverse. Plus les mouvements voulus étaient énergiques, plus les mouvements associés l'étaient aussi : ils s'étendaient à toute la musculature du tronc et des extrémités. C'est à la main et à l'avant-bras que ces mouvements étaient les plus vifs ; les muscles de la face demeuraient épargnés. Point de troubles de coordination ; excitabilité mécanique et électrique des appareils moteurs normale. L'application de forts courants sur un côté du corps a provoqué souvent, dans les muscles homonymes, symétriques, de l'autre côté, des mouvements associés. Sensibilité intacte ; réflexes normaux. Point de symptômes d'une lésion organique de la moelle épinière. Penser à une anomalie congénitale du mode d'entrecroisement des pyramides paraît téméraire, car on ne connaît pas encore les symptômes cliniques de cette anomalie.

Dans les lésions en foyer unilatérales du cerveau, chez les hémiplégiques, on observe quelquefois, sur les extrémités paralysées, et très souvent simultanément, des mouvements associés accompagnant des mouvements du côté sain. Dans d'autres cas d'hémiplégie, des mouvements associés se produisent sur la jambe saine lorsque, avec la pointe d'une aiguille, on provoque de la douleur à la plante du pied de la jambe paralysée : ces réactions résultent probablement de mouvements de défense et sont inconscientes. Westphal en a décrit dans d'anciennes hémiplégies

(1) O. Damsch (Göttingen). *Ueber Mitbewegungen in symmetrischen Muskeln an nicht gelähmten Gliedern*. Zeitschr. f. klin. Med., XIX. Suppl.-Heft.

cérébrales datant de la première enfance. Dans les deux cas de Damsch, il n'y avait pas de lésion en foyer du cerveau, point de troubles de fonctions motrices : on ne pouvait songer à une altération fonctionnelle limitée qui, sans porter atteinte aux centres moteurs, ni aux voies motrices, aurait été la cause de l'irradiation centrale des impulsions motrices unilatérales à l'autre moitié du corps. La voie suivie par cette irradiation aurait été celle des *fibres commissurales* des deux hémisphères (corps calleux et commissure antérieure).

A l'état sain, tous les muscles symétriques agissent de concert : c'est un point de fait et de doctrine physiologique. Vraisemblablement, l'acte de réprimer les mouvements associés, d'empêcher leur production, est un produit de l'éducation. C'est un effet du développement d'actions d'arrêt, d'inhibitions, exerçant une action modératrice ou frénatrice sur les impulsions volontaires isolées. Si ces inhibitions ne sont pas développées, organisées, on peut ainsi s'expliquer, selon Damsch, le phénomène des « mouvements associés ». A l'état normal, une impulsion unilatérale ne détermine pas des mouvements associés parce que, dans l'hémisphère qui ne participe pas à l'acte volontaire, agit un appareil d'arrêt qui arrête la production des mouvements non intentionnellement voulus. C'est grâce à ce mécanisme d'inhibition centrale qu'il est possible d'exécuter unilatéralement des mouvements représentés et volontairement déterminés sur une moitié du corps. Si ce mécanisme ne s'est pas développé ou est détruit, bref, s'il fait défaut, les muscles symétriques agissent de concert, synergiquement : « Par l'effet d'une éducation défectueuse ou d'une affection précoce de l'écorce cérébrale (Wetsphal), l'appareil d'arrêt peut ne s'être pas développé, ou, s'il s'est développé, peut avoir été détruit par une lésion du cerveau. » Dans le premier cas de Damsch, la même affection avait existé chez un oncle du sujet. Ne pourrait-on, de ce fait, supposer l'existence d'une lésion de déficit congénitale du cerveau ?

L'observation coutumière de l'affaiblissement des membres non paralysés chez les hémiplégiques dont l'affection est de cause cérébrale a inspiré quelques recherches fort bien conduites à R. Friedländer (Breslau). Déjà Türck (1851) avait, sur 29 cas de dégénération secondaire du cordon latéral de la moelle épinière opposé au côté de la lésion, rencontré dix fois cet état de dégénération sur les cordons antérieurs correspondant à l'hémisphère lésé. Paul Flechsig, insistant sur les variations individuelles du mode d'entrecroisement des fibres pyramidales au niveau de leur décussation, avait souvent trouvé celle-ci incomplète. Il en résultait que si, dans nombre de cas, un hémisphère est ainsi en rapport non seulement avec le côté opposé du corps, mais avec le côté correspondant, on pouvait concevoir comment, dans l'hémiplégie cérébrale, les effets de la lésion du *cortex* seront bilatéraux. Brown-Séquard, Charcot, Pitres ont surtout contribué par leurs observations cliniques et anatomo-pathologiques sur ce sujet à l'avancement de la science : ils ont constamment trouvé, du côté non paralysé, le membre inférieur plus faible que le membre

supérieur dans l'*hémiplégie cérébrale*. Dignat a trouvé la force musculaire du membre *inférieur*, du côté « sain », amoindrie d'environ 50 pour 100, celle du membre *supérieur* d'environ 38 pour 100. Du même côté, exagération des réflexes rotuliens (Brissaud) et quelquefois le phénomène du pied. Bref, du côté réputé sain, il existe, chez les hémiplégiques, de la diminution de la force musculaire, de l'impotence fonctionnelle pour certains mouvements coordonnés, — en vertu « d'une sorte de perte de la *mémoire de coordination des mouvements* du membre sain (P. Marie) », — de l'exagération des réflexes tendineux et du clonus du pied.

L'*atrophie musculaire* des membres paralysés dans l'*hémiplégie cérébrale*, organique, n'est pas une simple complication plus ou moins fréquente : elle est la règle. Cette amyotrophie des hémiplégiques, d'ailleurs diffuse et non localisée, n'est pas un accident : la dissection des muscles du côté paralysé le prouve d'abondance. Cliniquement, les deux bras, par exemple, peuvent présenter des différences oscillant de 2 à 6 centimètres. Quand l'atrophie musculaire est très prononcée, il y a toujours une diminution de l'excitabilité faradique ; il est beaucoup plus rare de rencontrer une réaction de dégénérescence partielle ou complète (1). En face de l'insuffisance des théories actuelles sur la *pathogénie de l'atrophie musculaire dans l'hémiplégie organique*, G. Marinesco propose l'hypothèse suivante. Il suppose que ce trouble résulte de « la suppression de l'influence de certaines incitations des neurones corticaux sur les neurones médullaires qui constituent l'origine centrale du sympathique. » Comme, de tous les tissus, le muscle est un de ceux qui supportent le moins longtemps les troubles d'irrigation sanguine, l'atrophie dont il s'agit serait l'effet de troubles vaso-moteurs dus aux lésions organiques de la zone sensitivo-motrice de l'écorce cérébrale, lésions qui ne détermineraient pas seulement la dégénération du faisceau pyramidal, mais retentiraient, grâce à la présence des centres vaso-moteurs dans ces mêmes régions du télencéphale, sur les cellules de la moelle constituant l'origine centrale du grand sympathique.

Les atrophies musculaires cérébrales seraient loin d'être rares, au dire de C. Schaffer (2), et nombre d'*atrophies simples* (sans réaction de dégénérescence) des extrémités relèveraient, dans les *hémiplégies cérébrales*, non de la moelle épinière, mais du cerveau. Dans un cas d'hémiplégie gauche, remarquable par le degré des atrophies, hémiplégie qui datait de vingt-huit ans, malgré l'existence d'un grand kyste embrassant tout le noyau caudé et la partie antérieure du thalamus opticus, s'étendant jusqu'au pôle frontal, et malgré la dégénération typique descendante du faisceau pyramidal, les *cellules des cornes antérieures* avaient un aspect normal (méthode de Nissl). Il en était de même, dans un autre cas, étudié par Schaffer, où, après une durée de trois ans, chez un hémiplégique dont l'avant-bras était atrophié, il n'existait aucune altération anatomique des cornes antérieures. D'après Schaffer, outre leur *fonction motrice*, le *neurone cortico-spinal* aussi bien que le *neurone spino-musculaire* possèdent une *fonction trophique* (3).

En réalité, comme s'exprimait Charcot, les hémiplégiques étaient, dans une certaine mesure, des paraplégiques. Plus l'hémiplégie est récente, remarquait Pitres, plus accusée est la diminution de force des extrémités non paralysées ; il nota aussi de légers troubles

(1) Marinesco. *Recherches sur l'atrophie musculaire et la contracture dans l'hémiplégie organique*. Semaine médicale, 1898.

(2) C. Schaffer (Budapest). *Ueber centrale Muskelatrophie*. (Pest med.-chirurg. Presse, 1896, nos 44-6.)

(3) Cf. les cas d'Eisenlohr. Etc.

d'incoordination dans la marche sur le membre inférieur non paralysé ; il concluait ainsi : Toute lésion destructive des centres moteurs du cerveau détermine un affaiblissement musculaire des quatre extrémités ; en général ce sont les membres du côté opposé qui, seuls, sont le siège de la paralysie proprement dite ; mais les extrémités inférieures font quelquefois exception à cette règle, car outre qu'elles sont toujours plus ou moins légèrement affaiblies, comme le sont les extrémités supérieures, elles peuvent présenter des troubles de coordination. A son tour, FRIEDLÄNDER ayant examiné, avec le dynamomètre, la force de flexion et d'extension de la jambe chez 23 hémiplégiques, est arrivé au résultat suivant : 1° dans l'hémiplégie cérébrale, une perte considérable de force (47 pour 100 environ au-dessous de la normale) existe dans les extrémités supérieures du côté non paralysé ; 2° dans l'hémiplégie droite, le bras non paralysé perd plus de force que dans l'hémiplégie gauche (22 kilogrammes au lieu de 10) ; 3° l'extrémité inférieure non paralysée présente une perte de force proportionnelle à celle du bras correspondant ; 4° dans l'hémiplégie droite, la jambe non paralysée perd plus de force que dans l'hémiplégie gauche (17 kilogrammes au lieu de 14) ; 5° dans un certain nombre de cas, les extrémités paralysées, surtout les jambes, peuvent déployer plus de force que les membres non paralysés. Point de troubles de motilité proprement dite (symptômes paralytiques) sur les membres affaiblis du côté sain en apparence. FRIEDLÄNDER n'a pu retrouver les troubles d'incoordination signalés par PITRES. Sensibilité électrocutanée et contractilité électro-musculaire normale du côté non paralysé. Enfin, FRIEDLÄNDER n'a pas constaté que dans les hémiplégies anciennes, datant de 20 à 30 ans, l'affaiblissement des extrémités fut plus grand ou moins grand que dans les cas récents (1).

Selon FRANKL-HOCHWART il en serait des troubles de l'hémianesthésie comme de ceux de l'hémiplégie : ils seraient, quoique à un degré différent, bilatéraux. EXNER, OBERSTEINER, etc., admettent cette innervation bilatérale partie de chaque hémisphère : chaque hémisphère fournit des fibres à la rétine, à l'oreille, etc., non seulement du côté opposé, mais du côté correspondant à l'organe des sens. Il en résulte que, dans l'hémianesthésie sensitivo-sensorielle de l'hystérie, par exemple, ainsi que dans les anesthésies cérébrales, la *vue*, l'*ouïe*, etc., sont aussi affectées du côté réputé sain, comme l'est la ***sensibilité générale*** (BALLET et PARINAUD, MOEBIUS, etc.) (2). On pourrait expliquer ainsi l'amblyopie double constatée dans l'hystérie aussi bien que dans les lésions capsulaires.

L'origine des mouvements associés est-elle de nécessité centrale ? SENATOR a recueilli une observation qui établirait que ces mouvements peuvent avoir leur cause dans une lésion du système nerveux périphérique.

Un peintre de 53 ans était tombé, douze ans auparavant, d'un échafaudage d'une hauteur de deux étages. Perte de conscience ; graves blessures à la tête. Depuis, céphalalgie persistante. Dans l'été de 1880, apoplexie. Hémiplégie droite et aphasie. Amélioration progressive. Paralysie avec contracture des extrémités droites. Or, sous l'influence d'une incitation psychique, dans la marche, lorsque le malade essayait de mouvoir son bras parésié, ce bras était pris de très vifs mouvements choréiques. Légère parésie faciale ; langue, non

---

(1) R. FRIEDLÄNDER. *Ueber den Kraftverlust der nicht gelähmten Glieder bei cerebraler Hemiplegie.* Neurol. Centralbl., 1883.

(2) FRANKL-HOCHWART (Wien). *Internat. klin. Rundschau*, 1893.

atrophiée, déviée à droite ; elle ne peut demeurer longtemps tirée et se retire rapidement, même si l'on cherche à la fixer avec les doigts. Si le malade tire la langue de lui-même, ou qu'on la lui tire, des mouvements associés apparaissent sur le bras paralysé ; l'articulation du coude se courbe, l'index de la main étendu, tandis que les autres doigts sont fermés, et l'extrémité supérieure se lève ainsi jusqu'à l'oreille et à la tempe, comme pour le salut militaire.

Ces mouvements du bras s'associent donc à la traction passive ou active de la langue. Senator admet qu'un processus mécanique, par exemple un tiraillement des nerfs du bras déterminé par la traction de la langue, est la cause de ce mouvement associé, qu'une pression profonde du côté droit du cou, au-dessous de l'angle maxillaire, provoque d'ailleurs également, pression rendue efficace par la grande sensibilité de cette région, depuis la chute du malade, siège d'une inflammation secondaire, entretenant un état constant d'irritation dans les plexus cervical et brachial.

Les *mouvements associés,* considérés comme des réflexes qui se commandent les uns les autres, sont rangés sous trois chefs par Senator : 1° mouvements involontaires, se manifestant dans les muscles mus volontairement, en même temps que ou à la place d'autres mouvements voulus; 2° mouvements involontaires, se manifestant dans des muscles non mus volontairement, en même temps que ou à la place de mouvements voulus; 3° mouvement involontaire se produisant en même temps qu'un autre mouvement involontaire ou à la place de ce mouvement (1).

Senator a aussi insisté sur les différences qui caractérisent les réactions des muscles des deux côtés du corps, selon qu'ils réagissent d'ordinaire à la fois, simultanément, par des mouvements associés, ou qu'ils peuvent être unilatéralement contractés par la volonté. Avec une lésion en foyer unilatérale, les muscles des cordes vocales, du voile du palais, de la pupille ne seront paralysés d'un côté que si cette lésion siège au-dessous du cerveau, dans les noyaux correspondants de la moelle allongée, du pont de Varole, etc., non si le foyer est dans l'écorce et dans les faisceaux de la couronne rayonnante, ou en quelque point que ce soit situé entre le *pallium* et les noyaux bulbaires des nerfs de ces muscles. Car chaque hémisphère cérébral innerve bilatéralement les muscles dont les contractions sont synergiquement associées, ce qui n'est pas le cas pour les muscles dont l'activité est unilatérale (2).

Chez un malade qui, après une première attaque d'hémiplégie ordinaire deux ans auparavant, en avait subi une autre deux mois avant son

---

(1) H. Senator. *Ueber Mitbewegungen und Ersatzbewegungen bei Gelähmten.* Berlin. klin. Wochenschr., 1892.

(2) Senator. Berl. Ges. f. Psych. u. Nervenkr., 11 jul. 1892. C.. Charité-Annalen, 1891, XVI. *Ueber Sulbär. u. Pseudobulbärparalyse.*

entrée dans la clinique, dont les suites consistaient en un trouble de l'équilibre du corps (le malade ne pouvait ni se tenir debout ni marcher) et dans des spasmes hémichoréiques des extrémités gauches, dans le bras surtout, MURATOW trouva à l'autopsie un ancien foyer dans la *capsule interne* droite et une hémorragie récente dans l'hémisphère gauche du *cervelet,* ainsi qu'une dégénération du *brachium conjunctivum* gauche, du *noyau rouge,* du *corpus restiforme* gauche, de la *pyramide* droite et de l'*olive* du même côté.

Comme le système des *pédoncules cérébelleux supérieurs* relie les ganglions de la base (*thalamus opticus* et *nucleus lenticularis*) avec le *cervelet,* MURATOW explique les mouvements forcés posthémiplégiques comme résultant d'un trouble de l'équilibre des fonctions réciproques des *couches optiques* et du *cervelet.* Les lésions de déficit du système du *noyau rouge* provoquent également des symptômes d'hémichorée.

Suivant leur genèse, les *troubles moteurs présentés par les hémiplégiques* se classent ainsi suivant MURATOW :

1. Tremblement dans l'exécution des mouvements volontaires et spasmes convulsifs — dégénération et irritation des voies des pyramides (KAHLER et PICK).

2. Mouvements forcés complexes — hémichorée, athétose, effet de lésions destructives du système du *noyau rouge* reliant les ganglions de la base avec le *cervelet.*

3. Convulsions corticales continuées (*protrahirte cort. Krämpfe*) de caractère clonique — dégénération des faisceaux d'association de la sphère motrice (1).

KÖNIG (Dalldorf) a observé les mouvements associés (*Mitbewegungen*) chez les enfants idiots, paralysés ou non, aussi bien dans les cas de lésions de l'écorce du cerveau que dans ceux de lésions des ganglions de la base. Ces mouvements existaient chez des sujets dont la voie des pyramides était altérée dans sa structure, ils existaient aussi chez d'autres dont les faisceaux pyramidaux étaient intacts (2). KATZ a fait la même observation, et les résultats de ses investigations d'anatomie pathologique sur l'état des voies des pyramides dans ces cas l'inclinent à croire que les deux côtés du corps sont innervés par un même hémisphère cérébral. REMAK a souvent constaté chez les hémiplégiques les mêmes mouvements : en provoquant des mouvements du membre paralysé, l'autre extrémité exé-

---

(1) W. MURATOW. *Zur Lehre von den Zwangsbewegungen.* Ges. der Neuropath. u. Irrenärzte zu Moskau. (Neurol. Centralbl., 1898, 473.) *Autorreferat.*

(2) KOENIG. *Ueber Mitbewegungen bei gelähmten und nicht gelähmten idiotischen Kindern.* Berliner Gesellsch. f. Psych. u. Nervenkrank., 9 Nov. 1896. Neurol. Centralbl., 1896, 1098.

cute alors des mouvements identiques, symétriquement associés; ils peuvent aussi se montrer du même côté du corps, dans le bras, par exemple, lorsque la jambe est paralysée. L'articulation verbale motrice peut même déterminer des mouvements associés de l'extrémité supérieure droite, ainsi que dans un cas d'aphasie qu'il relate (1).

Après une opération chirurgicale nécessitée par un phlegmon du pouce (désarticulation de l'articulation métacarpophalangienne), exécutée dans la narcose chloroformique, des troubles de la parole et de l'extrémité supérieure droite apparurent chez une femme de 64 ans. La fonction du langage s'altéra de plus en plus en même temps que celle des divers usages du bras droit. Il n'existait pas de surdité verbale. Mais, dans le langage spontané comme dans les réponses aux questions, les mots, en particulier les substantifs, faisaient défaut à la malade; elle ne répétait correctement que les mots courts; pour les mots de plusieurs syllabes, elle disait elle-même en avoir déjà oublié le commencement avant la fin. Outre cette *amnésie verbale* ou *aphasie partielle*, il y avait de la *paraphasie syllabique* (confusion des syllabes). Cette malade ne pouvait plus écrire; Remak paraît croire à un trouble transcortical parti du territoire moteur de l'articulation verbale. Pas d'hémiparésie des extrémités droites. Toutefois, le *bras* droit présentait des troubles très nets de sensibilité et de motilité. Ceux-ci consistaient dans une *incoordination motrice* qui empêchait la malade de s'habiller et de se déshabiller, de boutonner ses vêtements, etc., si bien qu'elle pouvait encore moins se servir de ce bras que du bras gauche, dont le pouce avait été amputé. Cette hémiataxie était associée, non pas tant à une altération des sensations de douleur, de température et de contact, qu'à une lésion du sentiment de la notion de position des doigts de la main droite.

Le phénomène qui frappa surtout Remak, c'est que, quand cette femme parlait, les divers segments de l'extrémité *droite* exécutaient un certain nombre de mouvements associés en apparence automatiques. Alors, c'est-à-dire au moment où le centre moteur du langage entrait en activité, des mouvements alternatifs d'ouverture et de fermeture de la main *droite* commençaient, débutant toujours par le *pouce*, et s'étendant ensuite à l'*index* et aux autres *doigts*; l'*avant-bras* droit, toujours en légère flexion, même à l'état de repos, mais sans hémichorée, se fléchissait sur le *coude* et s'élevait en même temps qu'un mouvement de l'*épaule* presque choréique se produisait. Si la malade parlait longtemps, et surtout s'impatientait de ne pas trouver les mots, *le bras gauche participait à ces mouvements*. Il suffisait de provoquer un mouvement actif de la main droite en donnant de vive voix un commandement à la malade pour que, au moment où elle répétait: Allons! toutes ces contractions apparussent successivement. Il est bien manifeste que l'innervation des muscles phonomoteurs

(1) E. Remak. *Ein Fall von typischen Mitbewegungen der rechten Oberextremität bei Aphasie*. Ibid., 1897, 53 sq.

déterminait tous ces mouvements associés. De même, si l'on dit à la malade de tirer la *langue*, ce qui est exécuté aussitôt et sans déviation de cet organe, ou si l'on lui fait ouvrir largement et fermer la *bouche* successivement, le *pouce*, puis l'*index* de la main droite s'étendent et s'écartent pour se fermer quand la langue se retire ou que la bouche se referme. Souvent alors l'*avant-bras* et le *bras* prennent part et s'associent automatiquement à ces mouvements.

Il n'y avait pas eu d'attaque d'apoplexie ; il n'existait ni céphalalgie ni douleur à la percussion du crâne, ni névrite optique. Ce n'était donc ni à une tumeur ni à un foyer apoplectique, mais à un ramollissement par thrombose, localisé au territoire de F_3 gauche, que Remak rapporta la cause de ces phénomènes. Il n'ose décider, dit-il, si la région motrice du bras est le siège aussi d'une lésion en foyer corticale ou plus profondément située, ce qui expliquerait les troubles de sensibilité et de coordination motrice de l'extrémité supérieure droite. L'intérêt principal de cette observation c'est, non seulement qu'une série de *mouvements associés* ont lieu dans les différents segments de cette extrémité du fait de la mise en activité du centre moteur du langage, mais que ces mouvements apparaissent et se succèdent dans l'ordre de leur disposition topographique aux différentes hauteurs de FA, l'incitation, partie du pied de F_3, se propageant de bas en haut. On a vu en effet que le pouce, l'index et les autres doigts de la main droite, l'avant-bras, le coude, le bras et l'épaule exécutent des mouvements associés et toujours les mêmes, non seulement sous l'influence de l'articulation verbale, mais aussi à l'occasion de mouvements de la langue et des mâchoires. Cette observation clinique, qui a toute la précision d'une expérience de physiologie, s'accorde d'ailleurs parfaitement avec l'enchaînement et l'apparition successive des convulsions dans l'épilepsie corticale. En outre, Remak a fait très justement remarquer qu'une analyse clinique de ce genre sert aussi à mettre en relief un fait d'anthropologie général, car cet état pathologique du centre du langage articulé fait mieux paraître, en l'exagérant, l'association physiologique des mouvements des extrémités qui, chez toutes les nations, accompagnent la parole.

La maladie ne sert pas moins à illustrer en quelque sorte, toujours par un procédé plus ou moins identique, les *sensations associées* ou *synesthésies*. Depuis Jean Müller on donne, on le sait, ce nom à la production d'une sensation provoquée sur une partie plus ou moins éloignée du siège où a lieu une sensation réelle, c'est-à-dire connue et déterminable quant à sa cause. Ces synesthésies se montrent assez fréquemment sur la peau et les muqueuses : la piqûre ou l'excoriation d'un point quelconque d'une extrémité inférieure, par exemple, peut provoquer un ictus douloureux,

également délimité, d'un point du tronc, etc. L'audition colorée et tous les phénomènes de même nature ou l'éveil d'un sens détermine l'activité simultanée ou successive d'un ou de plusieurs autres sens spécifiquement différents, sont choses connues. Ce qui l'est moins, ce sont les conditions anatomiques de ces symptômes. A l'état physiologique, on peut admettre que les synesthésies dépendent sans doute ou de l'intensité du stimulus, dont l'excitation se propage et rayonne par les collatérales dans les différents territoires corticaux (et non sous-corticaux chez l'homme tout au moins) du cerveau antérieur, ou de l'état, soit congénital, soit acquis, d'une hyperesthésie de ces centres nerveux. Certaines dispositions anatomiques, j'entends un développement excessif des collatérales ou des cellules d'association de la couche moléculaire, rendraient aussi bien compte, selon nous, de ces phénomènes, tout à fait compatibles par conséquent avec l'état normal, qu'un état d'irritation plus ou moins pathologique de l'écorce (1). Dans les névroses, les états différents d'excitabilité des cellules nerveuses des territoires du manteau transforment souvent le caractère des sensations, au moins quant au ton affectif qui les accompagne : une sensation agréable peut ainsi devenir désagréable et même douloureuse, comme il arrive au cours des diverses hyperesthésies. Or BECHTEREW a observé que, dans ces affections, les sensations associées ne sont souvent pas moins maladives ; l'état d'hyperexcitabilité de l'écorce, en facilitant la transmission des courants nerveux, augmente aussi le nombre des synesthésies chez ces malades. Dans les maladies mentales, sous l'influence des troubles de nutrition et de circulation de l'écorce cérébrale, ces sensations anormales, ici pathologiques, provoquent certainement plus d'une fois des hallucinations et des idées délirantes (2).

En somme, si l'on s'accorde pour laisser de côté les mouvements associés qui, de l'aveu de tout le monde, sont bilatéralement représentés dans les aires motrices de chaque hémisphère, si l'on écarte même ceux de la face, qui le sont aussi dans une large mesure (PANETH, UNVERRICHT), il reste à décider si les mouvements les plus différenciés, les mouvements volontaires des extrémités des deux côtés du corps, sont respectivement représentés dans l'écorce de chaque hémisphère ou ne le sont que dans

(1) Presque tous les cas publiés récemment par d'ABUNDO (*Audizione colorata*. Riv. clin. e terap., 1896) concernaient des héréditaires, des névropathes, et même un aliéné. C'est une hypothèse ingénieuse que celle de considérer ce phénomène comme le résultat d'une anomalie topographique des centres corticaux des couleurs et des images tonales des mots, et d'y voir une survivance de dispositions phylogéniques, partant un signe de dégénération atavique.

(2) W. v. BECHTEREW. *Ueber pathologische Empfindungen und Mitempfindungen bei Geisteskranken*. Neurol. Centralbl., 1896, 1058 sq.

leur hémisphère correspondant, c'est-à-dire ici du côté opposé. Gotch et Horsley reconnaissent que théoriquement, du point de vue de l'évolution, et suivant les enseignements de Huglings Jackson, on devrait incliner à admettre dans l'écorce une représentation bilatérale des mouvements des extrémités, représentation qui semble d'ailleurs exister chez les mammifères inférieurs. Mais l'expérimentation physiologique n'autorise nullement à admettre la vérité de ce postulat de la raison. En d'autres termes, les observations et les expériences de Gotch et d'Horsley, dont nous avons rappelé les résultats rigoureusement exacts, ne fournissent aucun appui à l'hypothèse d'une représentation corticale *bilatérale* des membres chez les mammifères supérieurs. Les faits ont paru établir au contraire : 1° qu'il est possible d'obtenir des effets complètement unilatéraux dans la moelle épinière et dans les nerfs en excitant un seul hémisphère cérébral. En augmentant l'intensité du stimulus, et en diminuant le degré de la narcose, on favorise la production des effets bilatéraux, l'inégalité entre les réactions croisée et non croisée étant de moins en moins marquée avec l'exagération des conditions favorables à la production de la bilatéralité fonctionnelle ; 2° que les effets bilatéraux, lorsqu'ils se produisent, sont dus à des agents ou à des causes qu'on peut supposer mettre en jeu d'autres régions du système nerveux central, en particulier les aires motrices de l'hémisphère opposé, le cervelet, les ganglions de la base. Les effets bilatéraux, dans ces circonstances, peuvent être plus facilement provoqués par l'excitation de la *couronne rayonnante* que par celle de l'écorce ; 3° que, quand l'excitation est strictement limitée au système cortico-pyramidal (chats et singes), l'unilatéralité des représentations des muscles du membre inférieur semble être la condition normale : c'est ce que démontre par ailleurs la méthode galvanotropique. Les expériences de Gotch et de Horsley à ce sujet ont eu au moins le mérite de laisser ouverte la question de la représentation bilatérale des membres dans un seul hémisphère, du moins pour les carnivores.

Dans un travail inspiré par Mendel et exécuté sous ses auspices, H. Strauss a réuni 250 cas d'hémiplégie droite et gauche afin d'élucider la question de la *diversité fonctionnelle des deux hémisphères cérébraux* (1). Ni l'embryologie, ni l'anatomie, ni la physiologie, ni la pathologie cérébrale, n'ont jusqu'ici fourni des données suffisantes, des assises assez étendues et solides, pour y édifier quelque théorie scientifique touchant une différence réelle, c'est-à-dire de nature, de ce genre. La nutrition de l'hémisphère gauche paraît pourtant plus active ; le calibre de la carotide gauche, quoique assez souvent semblable à celui

(1) H. Strauss. 250 *Fälle von rechts-und linksseitiger Hemiplegie. Ein Beitrag zur Frage nach der functionellen Verschiedenheit beider Hemisphären.* Berlin, 1890.

de la carotide droite, a été trouvé, dans 129 cas, 79 fois plus large et 31 fois plus étroit (Löwenfeld).

Si l'on excepte les hémiplégies par *embolie*, où l'hémisphère gauche est le plus souvent lésé, la différence relative à la fréquence des lésions par *hémorragie* ou par *thrombose* des deux hémisphères n'est guère très accusée. Suivant l'âge, toutefois, les hémiplégies du côté droit sont deux fois plus fréquentes que celles du côté gauche de 30 à 60 ans; après 70 ans, le contraire a lieu plus souvent. Dans la statistique de Strauss, il y avait 161 hommes et 89 femmes; l'homme est environ deux fois plus souvent frappé d'hémiplégie que la femme. Sur 22 cas d'hémiplégie par embolie, il y avait 13 hommes et 9 femmes. Dans l'hystérie, où l'anesthésie siège à gauche dans 80 pour 100 des cas, suivant Mendel, l'hémisphère droit détermine l'hémiplégie aussi environ 3 fois plus souvent que l'hémisphère opposé.

Relativement aux *troubles de motilité* consécutifs à une hémiplégie centrale vulgaire (Charcot), c'est-à-dire résultant d'une lésion destructive des circonvolutions (FA, PA, LP) irriguées par différentes branches de l'artère sylvienne, troubles où à côté de la perte des mouvements spécialement adaptés, persistent d'ordinaire les mouvements *associés* et *bilatéraux*, « il n'existe pas de différence entre les hémiplégies des côtés droit ou gauche », encore que le plus grand développement du centre du bras droit puisse, chez les droitiers, se manifester d'une façon correspondante. « Mais, s'il peut exister une légère différence *quantitative* entre les deux hémisphères, *qualitativement ils sont égaux* ».

Quant aux *troubles de la sensibilié*, sur 250 hémiplégies, Strauss a relevé 30 fois des altérations de cette nature (12 pour 100) : 14 fois du côté droit du corps, 16 fois du côté gauche. Chez les hommes, 10 fois à droite et 8 fois à gauche; chez les femmes, 4 fois à droite, 8 fois à gauche. Les *réflexes tendineux* furent, dans 220 cas, trouvés 53 fois exagérés (24 fois dans l'hémiplégie droite, 29 dans l'hémiplégie gauche).

Les *troubles du langage* furent notés 6 fois dans 19 cas d'hémiplégie droite et n'existaient pas dans 15 cas d'hémiplégie gauche. Les altérations de l'activité mentale apparaissent surtout dans les formes graves d'hémiplégie qui, en même temps que les extrémités, affectent d'une manière durable les fonctions du langage, surtout à partir de soixante ans.

Ce qui résulte de ces faits, suivant Strauss, c'est que la disposition naturelle des centres d'innervation cérébrale paraît être la même *ab origine* sur les deux hémisphères. Seuls, l'exercice et l'usage inégal des parties déterminent un plus grand développement relatif fonctionnel, et partant anatomique, d'un des deux hémisphères. On peut, à propos du cerveau, répéter ce qu'on dit des muscles, qu'ils se développent par l'exercice et s'atrophient par l'inactivité, mais rien de plus. Cette bilatéralité fonctionnelle fondamentale peut être invoquée, non pas en faveur de l'ancienne doctrine des suppléances, mais à l'appui du principe, fondé en fait et en doctrine, de la « représentation vicariante », en cas de lésion de déficit unilatérale, d'une partie d'un hémisphère cérébral par celle qui lui correspond sur l'autre hémisphère : cette partie du cerveau, jusque-là moins exercée, peut, dans certains cas, et après un exercice suffisant, compenser les fonctions disparues. Il est certain que les mouvements des extrémités, sans parler des muscles à innervation bilatérale tels que ceux, par exemple, de la mastication, étaient bilatéralement innervés à l'origine par chaque hémisphère. On sait le rôle considérable que jouent l'éducation et l'habitude dans les fonctions du langage articulé et écrit, chez le droitier comme chez le gaucher. « Donc le substratum anatomique du langage, dit Strauss, doit posséder à l'origine la même disposition fonctionnelle dans les deux hémisphères. Le siège de la fonction du langage est jusqu'ici le seul et unique argument qu'on puisse faire valoir pour l'existence d'une diversité des deux hémisphères cérébraux droit et gauche. Mais, cela est évident, l'hémisphère gauche n'a pas

été prédestiné par la nature à l'exercice de cette fonction. » Ainsi, l'éducation et l'habitude réalisent seules les différences fonctionnelles des deux hémisphères pour les fonctions du langage, mais uniquement pour ces fonctions. C'est la conclusion à laquelle était, entre autres savants, arrivé NOTHNAGEL.

Le degré des dégénérescences secondaires de la moelle consécutives aux foyers destructifs des deux hémisphères est très différent. Ces dégénérescences sont plus marquées dans les lésions de l'*hémisphère gauche* :

1° Dans le domaine du *faisceau pyramidal croisé*, la dégénérescence a été rencontrée par KLIPPEL « dans des cas de foyer de ramollissement cortical gauche localisé *en avant de la frontale ascendante* et laissant intacte cette dernière circonvolution. La dégénération du faisceau pyramidal croisé était plus marquée dans les lésions des *circonvolutions rolandiques*, des *noyaux gris centraux* et des *fibres capsulaires* :

2° La dégénérescence du *faisceau pyramidal direct* est plus fréquente dans les lésions de l'hémisphère gauche ;

3° La dégénérescence non seulement du faisceau pyramidal latéral du côté opposé à l'hémisphère lésé, mais encore du *faisceau pyramidal latéral homolatéral* ou du même côté que le foyer cérébral (décussation incomplète), était beaucoup plus fréquente et existait presque exclusivement dans les foyers de l'hémisphère gauche.

Il en résulte que les trois faisceaux qui dégénèrent secondairement dans les foyers destructifs des hémisphères sont tous trois plus atteints dans les lésions du cerveau gauche. En d'autres termes, « le plus souvent les lésions de l'hémisphère gauche retentissent davantage sur l'axe spinal que celles de l'hémisphère droit. »

Une des causes de cette inégalité est la plus ample distribution à la moelle épinière de fibres corticales issues de l'hémisphère gauche. De là l'aspect des dégénérescences secondaires plus accusées de ces faisceaux dans la moitié de la moelle où ils se distribuent. Cette distribution inégale des fibres pyramidales à l'un des côtés est un effet de la prédominance fonctionnelle, et partant nutritive, de l'hémisphère cérébral gauche chez l'homme. Cette prédominance fonctionnelle entraîne certainement des dissemblances anatomiques, physiologiques et pathologiques. Ainsi les deux hémisphères ne sont le plus souvent égaux ni en poids ni en volume. Sur un relevé de 28 autopsies d'aliénés, sans choix préalable, KLIPPEL a enregistré les résultats suivants : 15 fois le cerveau gauche était plus pesant; 11 fois l'hémisphère droit, 2 fois il y avait égalité (1).

Ce résultat est loin, il nous semble, de faire pencher définitivement la balance en faveur des auteurs qui considèrent l'hémisphère gauche comme étant toujours plus pesant que le droit. On peut aussi, après EXNER, signaler l'asymétrie, dans ses grandes lignes, de la morphologie des deux hémisphères. Le développement de l'hémisphère gauche a passé longtemps pour être plus précoce. Le « langage intérieur », ainsi que les mouvements qui peuvent l'extérioriser, appartiennent essentiellement (KLIPPEL, avec raison, ne dit pas exclusivement) à l'hémisphère gauche. Selon lui on ne rencontrerait, en dehors de l'homme, aucun animal qui ait adapté l'un des hémisphères cérébraux à certaines fonctions. Chez le singe même, dont la main se rapproche le plus de celle de l'homme, « l'équivalence entre les deux hémisphères apparaît comme complète ». Ici KLIPPEL nous paraît s'avancer bien loin au-delà de ce qu'il est encore permis d'affirmer ; il court le risque de s'égarer en des régions inconnues lorsqu'il écrit que cette non-équivalence des hémisphères cérébraux

---

(1) KLIPPEL. *La non-équivalence des deux hémisphères cérébraux*. Presse médicale, 29 janvier 1898.

n'est jusqu'ici que « le propre de l'homme ». Cette différence, pour n'être probablement que *relative*, n'en indique pas moins, nous l'estimons avec lui, un degré plus élevé de différenciation fonctionnelle du cerveau humain.

Mais, pas plus que les centres d'association ou « centres intellectuels » de Flechsig, les différences anatomiques, physiologiques et pathologiques des deux hémisphères cérébraux, plus manifestes chez l'homme que chez les autres mammifères, voire chez les singes supérieurs, ne sauraient être invoquées à titre de critérium capable de « distinguer l'être humain de tous les animaux ». Jusqu'ici, et quoiqu'il l'ait constamment cherché, l'homme n'a point trouvé de pareil critérium. Il y a même apparence qu'il ne le trouvera jamais, par la simple raison qu'il n'existe pas.

Théorie de Bechterew sur les centres moteurs de l'écorce. — En Russie, Bechterew a longtemps affirmé qu'il existe, dans l'écorce cérébrale, de « vrais centres moteurs ». Contre les résultats obtenus par Schiff après l'ablation de la zone excitable, Bechterew a soutenu qu'il n'a jamais pu constater le moindre trouble de la sensibilité quand la lésion ne dépassait pas les limites de la zone motrice corticale, c'est-à-dire les limites du gyrus sigmoïde chez le chien. Schiff, en extirpant cette zone, aurait empiété « sur la substance cérébrale située *derrière le gyrus sigmoïde* ». Cette région, qui, sur le cerveau humain, correspond aux circonvolutions pariétales, est précisément celle où Bechterew a essayé de localiser les centres de la *sensibilité tactile*, de la *sensibilité musculaire* et de la *sensibilité à la douleur*. Les premiers de ces centres seraient situés immédiatement derrière la zone motrice et en dehors de ce territoire ; les seconds et les troisièmes, étroitement rapprochés, mais non identiques, au-dessus de la scissure de Sylvius (1). Ainsi, pour Bechterew, l'aire corticale dont l'excitation détermine les mouvements était purement motrice, au sens de David Ferrier : c'était le gyrus sigmoïde. Toutefois, en dehors de la zone motrice proprement dite, Bechterew a déterminé des points aussi constants que ceux de cette région, dont l'excitation provoque toujours des mouvements des yeux, des oreilles, etc. L'excitation de la deuxième circonvolution externe du chien, par exemple, entre le bord postérieur du gyrus sigmoïde et la pointe du lobe occipital, produit une déviation conjuguée des yeux du côté opposé, un rétrécissement des pupilles, une légère occlusion des paupières ; appliqué à quelques millimètres en arrière du gyrus sigmoïde, sur la même circonvolution, le stimulus électrique provoque un plissement du nez et des joues ; les dents se découvrent ; l'excitation de la troisième circonvolution, toujours en arrière du

---

(1) Bechterew. *Ueber die Localis. der Hautsensibilität [Tast-und Schmerzempfindungen] und des Muskelsinnes an der Oberflaeche der Grosshirnhemisphaeren.* Neurol. Centralbl., 1883.

gyrus sigmoïde, est suivie du redressement de l'oreille opposée, quelquefois aussi du même côté. Ces mouvements ne sont point dus à la propagation du courant aux régions « motrices », car si on isole ces centres par la méthode des circonvallations, les mouvements en réponse persistent. En outre, pour être excités, ces centres exigent l'application d'un courant plus fort et d'une plus longue durée que ceux de l'aire corticale d'où partent les fibres du faisceau pyramidal ; leur destruction n'entraîne pas de troubles manifestes de la motilité ; enfin les mouvements qu'ils provoquent ne sont pas aussi bien différenciés que ceux qui résultent de la zone motrice proprement dite. Ces centres disséminés à la surface de l'écorce sont bien, cependant, pour Bechterew, des centres moteurs véritables, des points d'origine de faisceaux moteurs indépendants, dont les fibres centrifuges vont innerver des muscles de la moitié opposée du corps. Selon toute apparence, « ils transmettraient aux muscles leur excitation par l'intermédiaire de masses grises situées profondément dans le cerveau, probablement les couches optiques » (1). Il existerait donc des centres corticaux moteurs de deux sortes, les uns plus facilement, les autres plus difficilement excitables, et cette distinction, Bechterew l'aurait trouvée également fondée dans ses expériences sur l'*Excitabilité des différents territoires de l'écorce cérébrale chez les animaux nouveau-nés* (2). Ainsi l'excitation des points facilement excitables du gyrus sigmoïde provoque déjà des mouvements des membres, alors que celle des autres centres demeure encore sans effet. Les mouvements du pavillon de l'oreille n'ont pu être produits qu'une semaine environ après l'apparition des réactions motrices des membres dues à l'excitation du gyrus sigmoïde. Quant aux mouvements conjugués des yeux, déterminés par l'excitation du lobe occipital, ils n'ont apparu qu'après la fin du premier mois.

Chez le singe, pour obtenir des altérations de la sensibilité générale, il faut enlever la circonvolution centrale postérieure (PA), qui contient aussi des centres moteurs : on devait en conclure que les centres moteurs et sensitifs sont bien ici indépendants en soi, mais situés très près les uns des autres et évidemment jusqu'à un certain degré superposés (3). Chez l'homme, dans les cas de lésions destructives des circonvolutions centrales, on n'observait d'ordinaire qu'une paralysie de la motilité sans participation de la sphère sensitive : « Sans doute, il existe aussi, chez

---

(1) W. v. Bechterew. *Physiologie de la région motrice de la substance corticale du cerveau.* Arch. slaves de biol., 1887, III, 117 sq.

(2) Neurol. Centralbl., 1889.

(3) *Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark.* Leipzig, 1894, 146-7. — Cf. 2[te] Auflage (1899), 429 sq.

l'homme, des troubles de la sensibilité consécutifs aux affections de l'écorce. Mais, dans la plupart des cas, la lésion en foyer se trouve alors ou tout à fait en dehors du territoire moteur, ou bien elle intéresse encore d'autres territoires corticaux en dehors de la zone motrice. De l'examen du plus grand nombre des observations existant sur ce sujet dans la science, nous sommes amenés à conclure que ce sont les *circonvolutions pariétales* dont la lésion s'accompagne le plus fréquemment de troubles de la *sensibilité cutanée et musculaire*. Il existe d'ailleurs des cas où, chez l'homme, des lésions de la région inférieure de la *circonvolution centrale postérieure* (PA) sont associés à des troubles de sensibilité : ces observations sont tout à fait d'accord avec les résultats de mes expériences sur les animaux. »

Enfin, après avoir détruit l'écorce cérébrale du singe, Bechterew a pu se convaincre qu'aux troubles de la *motilité* sont constamment unis des troubles de la *sensibilité cutanée et musculaire*, laquelle est diminuée. Se fondant sur ce *fait*, Bechterew admet aujourd'hui que ce qu'on appelle la « région motrice », doit être considéré comme « sensitivo-motrice », et que, dans cette région du cerveau, les sensations musculaires et cutanées se trouvent coordonnées à certains mouvements déterminés. La division des centres « moteurs » est à peu près la même chez l'homme que chez le singe (*macacus*) ; les expériences instituées sur ce mammifère sont donc d'une très grande portée pour la science des fonctions du cerveau humain (1).

Les centres de l'écorce cérébrale ne doivent point, selon Bechterew, être considérés comme séparés par des limites tranchées : « Il est au contraire non seulement possible, mais très vraisemblable, qu'un seul et même territoire de l'écorce puisse servir à la fois, grâce à ses connexions variées avec la périphérie du corps, à des fonctions différentes. » C'est ainsi qu'il nous est loisible de comprendre comment, par exemple, chez les animaux, le territoire relativement petit de l'écorce cérébrale qui représente le *gyrus sigmoïde* ou, chez l'homme et les singes, les *circonvolutions centrales* et les territoires limitrophes (*les pieds des trois frontales*), peut être à la fois le centre des mouvements des membres, des mouvements des différents organes internes (cœur, estomac, canal intestinal, vessie), et contenir encore les centres vaso-moteurs, les centres de la sécrétion des larmes, etc.

---

(1) W. v. Bechterew. *Ueber corticale Centra beim Affen.* Wissensch. Versamml. der Aerzte der St. Petersburger Klinik für Nerven und Geisteskranke. Sitz. v. 27 Marz 1897. Neurol. Centralbl., 1898, 139-40.

Quels symptômes résultent d'ordinaire d'une lésion des circonvolutions centrales? 1° une paralysie, soit monoplégique, soit hémiplégique ; 2° une altération de la sensibilité, parallèle à la paralysie, consistant surtout dans un trouble du sens musculaire ; 3° des attaques d'épilepsie jacksonienne.

C'est la question des troubles du sens musculaire qui a soulevé le plus de discussions. La contrariété des opinions apparut surtout dans l'interprétation des faits notés par les physiologistes au cours de leurs expériences. MUNK regarda comme un symptôme constant des lésions de la sphère sensitive le trouble du sens musculaire qui succède aux extirpations partielles de cette zone. BECHTEREW ne put d'abord découvrir aucune altération de ce sens chez les animaux qu'il opéra (1888). Mais, tout récemment (1897), le même savant a constaté l'existence de trouble de cette nature chez le singe consécutivement à l'ablation de la « zone excitable ». BECHTEREW se rallie donc à MUNK, et HORSLEY est du même sentiment. « En 1893, écrit MURATOW, j'avais institué 27 expériences de destruction de la sphère motrice chez le chien : toujours un trouble de la sensibilité plus ou moins net avait été observé. Il est à remarquer que, dans nos expériences, le degré de l'altération du sens musculaire concordait pleinement avec l'étendue et la profondeur de la lésion. Si les lésions étaient minimes, ces troubles disparaissaient bientôt. Comme dans les expériences de GOLTZ, les mouvements acquis par l'exercice étaient constamment perdus. Mais on doit prendre garde que, pour être décelé, ce trouble, au moins à un certain stade, exige du sujet en expérience quelque activité psychique supérieure. L'expérimentation physiologique sur les animaux ne suffit pas ; elle doit être contrôlée par l'observation clinique. Mais, en passant du laboratoire à la clinique, on retrouve la même diversité d'opinions (1) ».

L'étude anatomique des lésions expérimentales révéla à MURATOW une dégénération étendue des faisceaux d'association (*Bogenfasern*). Comme il admet, avec MUNK et WERNICKE, que « la sphère motrice représente un organe de représentations motrices » (*Bewegungsvorstellungen*), il attribua les troubles du sens musculaire observés dans ces lésions à « un trouble de l'activité associative du cerveau » causé par la dégénération de ces fibres, ce qu'il formulait dès 1893 dans les mots suivants : « Le trouble du *sens musculaire* dans les lésions en foyer de la sphère motrice de l'écorce dépend d'une destruction des voies d'association ». Cette conclusion, il

(1) WLADIMIR MURATOW. *Zur Localisation des Muskelbewusstseins auf Grund eines Falles von traumatischer Kopfverletzung*. Neurol. Centralbl., 1898, 59-67.

l'appuyait, en 1895, par des recherches cliniques et anatomo-pathologiques.

Déjà WERNICKE et DANA étaient arrivés au même résultat, c'est-à-dire qu'ils avaient considéré les images ou représentations motrices et le sens musculaire comme des fonctions relevant des faisceaux d'association. MURATOW trouve « très rapprochée » des idées de MUNK et de WERNICKE sur cette matière l'opinion de DANA, d'après laquelle, et contrairement à ce que professe BASTIAN, les circonvolutions centrales ne représenteraient pas un centre sensitif, mais un centre moteur par excellence. Mais MUNK et WERNICKE ont bien compris que ce grand territoire du télencéphale, la « sphère sensitive » de MUNK, n'est motrice ou sensitivo-motrice, que parce qu'elle est avant tout et uniquement sensitive. Il n'y a d'autres organes moteurs, à proprement parler, que les muscles. Ce sont ces appareils périphériques de l'économie, ce sont les sensations résultant de leur activité, la contractilité, c'est le « sens musculaire » qui est la source de nos idées d'espace (MEYNERT). « Les idées d'espace, estime MURATOW, ne dérivent pas exclusivement des mouvements des yeux, mais de tout mouvement musculaire. » Le sens musculaire appartient donc bien aux fonctions supérieures de l'activité psychique : c'est une fonction intellectuelle du cerveau.

Femme de 53 ans, hémiplégie gauche ; attaques d'épilepsie corticale débutant par le bras et s'étendant ensuite à la face et à la jambe. Troubles de la sensibilité parallèles, à gauche, à ceux de la paralysie. Les extrémités sont seules anesthésiées ; la sensibilité de la poitrine et du tronc est normale. Phtisie. Dégénération athéromateuse des vaisseaux. Mort.

Autopsie. — Les tiers moyen et inférieur de l'écorce des circonvolutions centrales sont détruits par un foyer de ramollissement. Les faisceaux d'association sous-jacents sont dégénérés sur une grande étendue et à une profondeur notable. Les faisceaux sensitifs de la capsule interne sont intacts.

« C'est, dit MURATOW, de cette dégénération des *fibres d'association* que dépendait, dans ce cas, l'altération du sens musculaire. D'après nous, la dégénération des *fibres tangentielles* ne provoque aucun trouble du sens musculaire. On sait combien cette lésion est fréquente dans la paralysie générale, et pourtant on n'observe que rarement des troubles du sens musculaire dans l'encéphalite diffuse. On les observe lorsque les lésions corticales sont profondes et qu'elles intéressent les faisceaux d'association. Une lésion profonde et suffisamment étendue de l'écorce, voilà, suivant MURATOW, la cause suffisante de la pathogénie des troubles du sens musculaire. » Pour l'organisation des images ou représentations complexes formant le sens musculaire, une activité synergique d'un grand nombre des cellules de la sphère motrice, c'est-à-dire une combinaison

d'un grand nombre d'images motrices, dont ces cellules sont les organes psychiques, est nécessaire. Or ce sont les faisceaux d'association qui permettent à ces combinaisons de se réaliser. Les lésions circonscrites, même profondes, de la sphère considérée, suivies de processus de dégénération limités, n'entraînent ni altération du sens musculaire ni accès épileptiques.

A cet égard, les cas de lésions traumatiques du cerveau présentent un intérêt particulier, car ces lésions, avec leur aire topographique déterminée, réalisent presque les conditions d'une expérience de vivisection. Et Muratow cite un exemple clinique bien constaté, au moyen de l'encéphalomètre de Zernow, d'une lésion fonctionnelle du sens musculaire de l'extrémité supérieure droite surtout (hémiparésie droite, atrophie musculaire et arrêt de développement des os de la face et des extrémités, atrophie et arrêt secondaires dus à la dégénération du faisceau pyramidal, attaques d'épilepsie partielle), relevant d'un traumatisme cérébro-crânien de l'enfance (il datait de 23 ans), qui a détruit le tiers moyen des circonvolutions centrales à gauche, et dont les conséquences n'ont pas laissé de retentir sur la structure anatomique et l'activité fonctionnelle des tiers supérieur et inférieur.

La « sphère motrice » est donc, pour Muratow aussi, « un organe psychique des représentations motrices ». Les idées qu'on possède d'une surface unie ou rugueuse, la connaissance des mouvements passifs imprimés à nos membres, sont tout autre chose que de simples sensations, telles que celles d'une piqûre, par exemple. Dans ce dernier cas, il n'y a qu'une irritation locale de la peau ; dans l'autre, outre la peau, les muscles et les tendons sont intéressés. Ajoutez que, dans la localisation d'un mouvement passif, interviennent les souvenirs d'expériences acquises touchant les signes locaux et les positions des parties, tous processus impliquant une exacte synergie des différents centres du cerveau, et partant l'intégrité des voies d'association. La dégénération de ces mêmes fibres entraînera donc un trouble du sens musculaire et une ataxie des mouvements acquis. Ces résultats de la pathologie expérimentale autorisent en clinique le diagnostic suivant :

Les troubles du sens musculaire sont le signe d'un processus destructif profond du territoire moteur de l'écorce cérébrale.

Théorie d'Exner sur la nature des centres moteurs de l'écorce. — Pour Exner, « les différents centres ou territoires de la *sensibilité tactile* des différentes parties du corps se confondent en général avec les centres ou territoires moteurs de l'écorce cérébrale ». Il n'existe pas de territoires *moteurs* et *sensitifs* distincts dans l'écorce du cerveau. Exner professe

que chaque zone dite motrice est en rapport avec les mouvements des deux côtés du corps (1881), doctrine qui est aussi celle de GOLTZ et de BROWN-SÉQUARD, si l'on applique à chaque hémisphère ce qui est dit ici de chaque zone excitable de l'écorce. HITZIG, ALBERTONI, FRANÇOIS FRANCK et PITRES ont constaté que l'excitation unilatérale de l'écorce est suivie, chez le lapin et le chien, de mouvements bilatéraux, c'est-à-dire du côté opposé et du côté correspondant, pourvu que l'excitation ait une intensité suffisante ou que la moelle soit très excitable. La contraction musculaire est plus intense du côté croisé que du côté direct, EXNER l'a montré aussi (1881). La *méthode des cas négatifs* et *positifs* d'EXNER (il existe trois méthodes en réalité), en dépit des critiques qu'on peut lui adresser, n'a pas peu contribué à la détermination de la nature et du siège des fonctions cérébrales. Pour déterminer l'aire d'un centre cortical, la sphère d'une fonction donnée, par exemple du mouvement volontaire d'un membre, EXNER réunit tous les cas de lésions cérébrales dans lesquels la motilité de ce membre était demeurée intacte ; il reporte ensuite sur un schéma du cerveau toutes les lésions révélées dans ces cas par l'autopsie : ce qui ressort d'un tel graphique, c'est qu'au milieu des différents centres corticaux plus ou moins chargés et remplis, le centre du membre considéré reste en blanc : il coïncide avec le centre cherché ; tous les autres demeurent en dehors.

Voilà la méthode des cas négatifs ; voici celle des cas positifs. Procédant à l'inverse, EXNER réunit les observations cliniques dans lesquelles la fonction du centre cherché est altérée, puis il reporte et superpose sur un schéma les lésions trouvées à l'autopsie, de manière à faire ressortir, grâce à l'intensité différente des teintes plus ou moins foncées, les régions les plus fréquemment lésées. A l'aide de cet artifice chromographique (douze gradations de teintes), une zone corticale assez étendue se détache des régions environnantes restées intactes : c'est dans cette zone qu'est le centre cherché, ou plus exactement dans *l'aire centrale* de cette zone : là est le *centre absolu* de la fonction corticale considérée ; son *centre relatif*, beaucoup plus étendu, rayonne au loin, constitué d'éléments nerveux de même nature fonctionnelle, mais en proportion progressivement décroissante. La destruction d'un centre relatif *peut* produire quelquefois, s'il s'agit d'un centre « moteur » par exemple, la parésie ou la paralysie du groupe musculaire correspondant : la destruction du centre absolu *doit* la produire presque sûrement (1). Loin d'être séparés

(1) EXNER. *Untersuchungen über die Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde der Menschen*. Wien, 1881, 63 sq.

par des limites tranchées comme ceux de FERRIER, « qui n'ont plus qu'un intérêt historique », les centres de l'écorce cérébrale empiètent les uns sur les autres en partie. Comme on ne connaît aucun point de l'écorce qui ne soit en connexion anatomique avec tous les territoires nerveux qui l'environnent, cette seule considération suffirait déjà pour écarter toute possibilité de frontières nettement distinctes entre les centres. L'hétérogénéité fonctionnelle de l'écorce du cerveau est chose démontrée. Avec MEYNERT et NOTHNAGEL, dont il invoque les noms, avec l'École de Vienne, EXNER se déclare pour l'existence d'une localisation, en quelque sorte entourée de tempéraments et de nuances, des fonctions du cerveau (*gemässigte Lokalisation*), mais contre la théorie qui, à l'instar de GALL, divise l'écorce en territoires nettement tranchés, rappelant l'aspect des cartes de géographie (*Landkarten*) (1). Les territoires corticaux *absolus* et *relatifs* des membres supérieurs et inférieurs sont plus étendus sur l'hémisphère gauche que sur l'hémisphère droit. Pour les fonctions sensorielles, l'hémisphère droit a plus d'importance que le gauche. La déviation des deux yeux après la lésion d'un seul hémisphère implique que ces mouvements combinés dépendent de chaque hémisphère.

Les muscles qui, d'ordinaire ou toujours, sont innervés de concert et président aux mouvements associés et symétriques des deux côtés du corps, tels que ceux des yeux, des paupières, de la langue, de la mastication, des extrémités antérieures des mammifères inférieurs (lapin), ont leur territoire cortical d'innervation motrice non seulement dans l'hémisphère opposé, mais aussi dans l'hémisphère correspondant. EXNER ne soutient pas que deux muscles symétriques des deux moitiés du corps sont représentés dans un même point de l'écorce d'un hémisphère : les mouvements qu'on observe sur les deux pattes antérieures du lapin, par exemple, en excitant un seul hémisphère, présentent tout le caractère de combinaison des mouvements volontaires. Si l'excitation a lieu à droite, les deux extrémités se dirigent à gauche, et *vice versa,* comme si l'animal devait mouvoir ses deux pattes pour se tourner à droite ou à gauche (2). Toutefois, dans un important chapitre de physiologie qu'a écrit EXNER sous le nom de *senso-mobilité,* et dont nous allons parler, on voit que, toujours bilatérale chez l'homme, la réaction des pupilles n'affecte que l'œil éclairé chez un grand nombre de vertébrés, tels que les oiseaux, beaucoup de mammifères, le cheval, par exemple (STEINACH. Pfluger's Arch., XLVII,

(1) *Ueber neuere Forschungsresultate, die Localisation in der Hirnrinde betreffend.* Wien. med. Wochenschr., 1886, n°s 49-51.

(2) *Zur Kenntniss der motorischen Rindenfelder.* Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. B. 84, 1881, 185.

289). Chez le cheval aussi une moitié du larynx est paralysée lorsqu'on coupe le nerf laryngé supérieur, qui n'innerve pourtant ici aucun muscle du larynx(1). Charles Bell et Magendie savaient que la paralysie du mouvement peut résulter de la perte de la sensibilité. La sensomobilité, et en général toute motilité, dépend donc de l'existence d'excitations sensitives ou sensorielles. Pourquoi un sourd de naissance est-il muet? Parce que les impressions sensorielles qui lui auraient permis de régler les mouvements du langage articulé lui ont fait défaut. Mais l'étude physiologique de la sensomobilité ne permet de bien comprendre la nature des *mouvements volontaires* qu'après une intelligence préalable de celle des *mouvements purement réflexes* et des *mouvements instinctifs*.

Doctrine de la sensomobilité d'Exner. — I. Mouvements réflexes. — Ainsi, l'*ouverture du pylore* par le fait de l'excitation mécanique du contenu de l'estomac, la *contraction de la pupille* à l'éclairage, voilà des réflexes qui, non seulement se produisent après l'ablation du cerveau, mais dont rien n'arrive à la conscience lorsqu'elle existe : nous ne pouvons réagir sur le cours de ces processus. Parmi les réflexes d'un degré plus élevé, sur lesquels la conscience peut exercer quelque influence, Exner cite le *clignement de l'œil,* qui répond à l'excitation tactile de la cornée ou des cils ; ce réflexe échappe d'ailleurs souvent à la conscience et se produit contre la volonté ; il se produit aussi après l'ablation du cerveau et de la moelle épinière jusqu'au *calamus scriptorius*; ce réflexe est localisé : il s'agit surtout évidemment du noyau sensible du trijumeau et du noyau moteur du facial avec leurs connexions centrales. Chez l'homme, les deux noyaux du nerf facial fonctionnent toujours de concert, que l'un ou l'autre œil soit mécaniquement excité. Exner le rappelle, car, chez les animaux, ce mouvement réflexe peut être unilatéral (lapins, chats, etc.), ce qui prouve l'indépendance fonctionnelle des deux noyaux de ces nerfs moteurs, même dans les réflexes, et l'existence de différences très importantes à cet égard dans la série des mammifères. Une influence réciproque peut s'exercer entre ce réflexe et la conscience : il détermine en effet des sensations tactiles consécutives au mouvement des paupières, peut-être aussi des sensations de la cornée et des muscles. Les *réflexes tendineux* sont encore plus élevés : le lieu de la réflexion est ici la moelle épinière. Comme dans le clignement, l'impression sensible déterminante et la sensation du mouvement de réponse (faux pas redressé, etc.) arrivent

(1) Pineles. *Ueber Lähmungsartige Erscheinungen nach Durchschneidung sensorischer Nerven.* Centralbl. f. Phys., IV, 741.

à la conscience, mais le mécanisme réflexe est beaucoup plus complexe. Les réflexes tendineux sont une forme spéciale de régulation des mouvements que nous exécutons, par exemple, dans la marche. Un mouvement volontaire, la marche, est régularisé par des sensations provenant de nos ligaments, de nos tendons, de nos muscles ; les coordinations si complexes de cet ordre de mouvements sont certainement réalisées dans la moelle épinière sous l'influence des sensations tendineuses, articulaires, etc. : c'est le rôle des « voies courtes » de la moelle, et quand ces voies dégénèrent les symptômes du tabes dorsal apparaissent. L'écorce cérébrale interviendrait toujours trop tard lorsque, dans la marche, le genou plie, qu'en nageant on heurte une pierre, etc. : dans ce dernier cas, la contraction réflexe qui écarte la jambe de la pierre exige, pour chaque point de la peau, l'action d'un autre groupe de muscles ou celle des mêmes muscles dans des états de contraction différents : le mécanisme de ce simple réflexe est donc déjà des plus complexes. Après la décollation, les mammifères eux-mêmes accomplissent encore des mouvements réguliers de course ; le rythme et la succession des mouvements des extrémités étaient, plus que chez l'homme encore, préformés dans la moelle. Mais on conçoit que le moindre trouble dans la perception des impressions sensibles retentira sur la succession et le rythme de ces mouvements (1). Un autre exemple, mieux fait encore pour montrer avec quelle fatalité un acte physiologique peut être empêché par un trouble apporté dans la suite régulière des mouvements réflexes du fait d'une anesthésie purement locale. Dans la déglutition, l'impulsion volontaire intervient d'ordinaire et donne en quelque sorte la première impulsion aux mécanismes sous-corticaux qui vont entrer en jeu. Mais le réflexe de la déglutition n'aura pas lieu si, après avoir badigeonné la cavité buccale et pharyngienne avec une solution de cocaïne, le contact de l'aliment porté volontairement au fond de la bouche n'est point senti.

II. **Mouvements instinctifs.** — Les *mouvements instinctifs* éclairent bien le mécanisme de la sensomobilité. L'image d'un objet projeté sur notre champ visuel excite notre attention ; nous le regardons, c'est-à-dire que nous innervons nos douze muscles oculaires externes à ce degré de tension suffisant pour que les deux rayons visuels convergent vers l'objet. Si une cornée est opaque, le rayon visuel de l'œil sain sera seul dirigé vers l'objet ; l'autre œil louchera : les impressions sensibles de l'œil ont

(1) Exner. *Sensomobilität*. Pflüger's Archiv, 1891, 592 sq. — *Entwurf zu einer physiol. Erklärung der psychischen Erscheinungen*. Leipzig u. Wien, 1894, 124-140.

été la condition nécessaire de cette innervation motrice, celles de la rétine en particulier. La lésion fonctionnelle d'un œil a empêché la coordination des mouvements. Ici il n'y a pas de paralysie ; le trouble moteur dépend simplement d'une altération de la sensibilité : c'est un trouble typique de sensomobilité. Ce qu'il faut noter, c'est qu'une incitation motrice volontaire n'est pas capable de produire des contractions musculaires exactement adaptées. Dans le cas actuel, par exemple, l'élaboration des impressions rétiniennes dans les centres sous-corticaux est nécessaire pour réaliser l'adaptation exacte des mouvements des muscles de l'œil. EXNER voudrait appeler *instinctives* toutes ces formes de mouvement auxquelles appartiennent, outre les mouvements des yeux, certains mouvements de locomotion, ceux de la mastication, certains mouvements de la face, bref, tout un groupe de phénomènes fort bien étudiés dans la première moitié de ce siècle (CH. BELL, MAGENDIE), puis oubliés, dont la perte est déterminée uniquement par la section ou la destruction des nerfs de la sensibilité. Ainsi, un aveugle par atrophie des nerfs optiques, encore que tout son appareil moteur oculaire soit intact, et alors même qu'il exécutera des mouvements avec ses yeux, conservera toujours la fixité du regard que l'on sait. EXNER parle des rides du visage des militaires et des marins exposés aux vents et aux intempéries : elles résultent des mouvements de protection *instinctive* des yeux. Si l'on suppose anesthésique une moitié du visage, elle resterait lisse, sans rides ; l'autre moitié, au contraire, garderait les plis de ces contractions *réflexes*.

Avant de parler des mouvements volontaires de la sensomobilité, il convient de rappeler que l'éminent physiologiste de Vienne a très logiquement fait sortir, selon nous, de la considération des réflexes et des instincts, une théorie de l'origine des erreurs générales (1). Ce qui, chez l'homme comme chez les animaux, caractérise l'instinct, auquel les actions réflexes appartiennent, c'est son caractère de finalité étroite ; il n'est adapté qu'en vue des cas les plus généraux. Chez l'individu, comme au cours de l'évolution phylogénique des races et des espèces, il n'a pu être utile, en effet, qu'en réalisant l'adaptation des organismes aux conditions les plus générales de la vie. Le clignement instinctif des paupières protège notre œil bien mieux qu'il le serait par un mouvement volontaire. Mais s'il nous faut subir une opération sur les yeux, ce réflexe se déchaînera, en dépit de la réflexion et de la volonté la plus consciente, avec une force si irrésistible, que nous demanderons au chirurgien de tenir nos paupières ouvertes : nous ne le pouvons pas nous-mêmes. Voilà un cas spécial dans

(1) *Ueber allgemeine Denkfehler.* Deutsche Rundschau, LVIII, 1889, 103-16.

lequel un mécanisme préformé de protection de l'œil devient non seulement inutile, mais nuisible. C'est ainsi que la poule couveuse continue à couver alors même qu'on a enlevé les œufs du nid. Selon EXNER, qui a fait cette comparaison, ce qu'il y a de typique ou de caractéristique dans l'instinct se montre et *reparaît toujours* dans les fonctions du système nerveux de l'homme. Quelles que soient ces fonctions, et depuis les plus simples jusqu'aux plus élevées, jusqu'aux notions les plus abstraites de l'art, de la science et de la logique, jusqu'au problème de ZÉNON d'Élée, toujours et partout, nos jugements particuliers sont dominés par la puissance d'association de sentiments et d'idées qui dérivent bien des impressions de notre enfance et de notre jeunesse, mais qui ne nous ont été transmises alors que parce qu'elles l'avaient déjà été à des centaines et à des milliers de générations humaines.

L'application de façons de sentir et de penser de la communauté à tel cas spécial, voilà le fondement des errements de la pensée. La plupart des illusions des sens pourraient sans doute déjà illustrer ce principe. Mais comment les jugements ne correspondraient-ils pas à l'expérience générale d'un groupe d'êtres ? Or, entre les *jugements* et les *actes instinctifs*, d'une part, la *pensée consciente*, de l'autre, il n'existe point, dit EXNER, de limites tranchées. La pensée, en effet, repose sur des processus d'association, c'est-à-dire sur des fonctions psychiques, dont le réflexe est et demeure le type, ajouterai-je. Si nous avons l'illusion de les dominer, ces processus, ce ne peut toujours être qu'en opposant le jeu de mécanismes réflexes à celui d'autres mécanismes réflexes. Mais ce n'est point *nous* qui suscitons ces conflits : ils se déchaînent d'eux-mêmes. Les expressions *Je pense, Je sens (ich denke, ich fühle)* ne sont point de bonnes façons de s'exprimer. Selon EXNER, dont la remarque est aussi vraie que profonde, il faudrait dire : *Il pense en moi (es denkt in mir). Il sent en moi (es fühlt in mir)* (1). C'est qu'en effet nous subissons nos associations d'idées comme nous subissons nos sentiments. Nous assistons aux cent actes divers de notre vie psychique comme au reste du spectacle du monde. *Que* sommes-nous donc ? serait peut-être, je crois, une question moins insoluble que celle-ci : Qui sommes-nous ? En tout cas, nous ne sommes pas plus les maîtres de nos pensées que de nos sentiments et de nos actions. Les « opérations de la raison » elle-même échappent à nos prises, car, d'elles-mêmes, les idées s'évoquent et s'appellent chez le savant, le philosophe et l'artiste : « Il ne dépend point de nous, dit EXNER, de faire ou

(1) Cf. J. CHR. LICHTENBERG'S *ausgewählte Schriften* herausg. v. E. REICHEL. Leipz., s. a. *Philos. Bemerk.*, 74-75 : « *Es denkt*, sollte man sagen, so wie man sagt : *es blitzt*. »

non apparaître dans la conscience telle série d'associations. De même, le *poids des arguments* ne dépend point de notre volonté : il se forme un jugement en nous, voilà tout : *es denkt in uns.* »

III. **Mouvements volontaires.** — Dans la forme supérieure de nos mouvements qui, pour être appelés *volontaires,* n'en sont pas moins toujours instinctifs et réflexes, la régulation de l'écorce cérébrale prend l'importance qu'avaient les centres sous-corticaux dans les mécanismes de la sensomobilité. Ces mouvements échappent souvent aussi, au moins en partie, à la conscience. Il existe toute une série de cas pathologiques (Strümpell, Ziemssen, Raymond, etc.), où, du fait d'une anesthésie étendue, les malades ne peuvent serrer le poing, lever le bras, tenir un objet, s'ils ne contrôlent du regard les mouvements ; s'ils ferment les yeux, ils se comportent à cet égard comme s'ils étaient paralysés. Exner rapproche ces fausses paralysies du défaut d'adaptation d'un œil qui louche du fait d'une opacité de la cornée. Bref, « la régulation motrice corticale a lieu sous le contrôle conscient des organes des sens. » Pour l'organisation et la répétition des mouvements du langage articulé, ce n'est plus l'œil dont l'office est indispensable : c'est l'oreille. Le sourd n'est muet que parce qu'il manque de cette régulation corticale ; la mutité est un trouble de sensomobilité ; pour que le sourd-muet apprenne le langage des sons, les impressions tactiles des organes de la phonation et la vue doivent suppléer l'absence des sensations acoustiques dans la régulation motrice de l'écorce du cerveau.

La topographie et la nature des centres corticaux (*Rindenfelder*) *absolus* et *relatifs* du cerveau ont été particulièrement étudiées par quelques élèves d'Exner, et sous la direction d'Exner lui-même. Vareth, après avoir déterminé au moyen de courants constants la localisation exacte des différents centres moteurs de l'écorce cérébrale du chien, pratiqua successivement ensuite : 1° une section circulaire du centre ; 2° une section sous-jacente du même centre. On voit l'importance de pareilles expériences. Si, après la section circulaire, c'est-à-dire après l'isolement du centre des parties voisines de l'écorce cérébrale, l'excitation de ce point provoque les mêmes contractions des mêmes groupes musculaires qu'auparavant, on ne pourra point soutenir que cet effet résulte d'une excitation indirecte qui, au moyen des fibres *d'association,* se serait propagée à un centre moteur : toutes les voies nerveuses d'association ont été coupées. D'autre part, si, après la section des faisceaux sous-jacents de *projection* issus de ce centre, l'excitation de ce point de l'écorce n'est plus suivie des mêmes contractions, ce sera une preuve nouvelle et des rapports de ce centre avec les territoires musculaires considérés, et de son autonomie

fonctionnelle. Ces faits furent démontrés par VARETH, qui trouva, en outre, que, loin d'être tranchées, les limites qui séparent les différents centres moteurs corticaux empiètent les unes sur les autres, comme l'avait enseigné EXNER dans ses *Recherches* cliniques et anatomo-pathologiques. Les territoires du facial et des extrémités sont complètement distincts et séparés (1). JOSEPH PANETH, dont les recherches expérimentales sur le territoire cortical du facial (2) ont confirmé celles d'EXNER, a repris, avec EXNER, l'étude expérimentale des effets consécutifs à la section des fibres d'association sur le cerveau du chien.

Il s'agissait de contrôler les expériences de J.-M.-L. MARIQUE, dont nous allons parler, après avoir rappelé celles de FR. FRANCK et de PITRES comme nous avons fait celles de VARETH. Après la section circulaire ou circonvallation d'une région limitée, éprouvée comme motrice, de l'écorce cérébrale, les auteurs français ont vu se conserver les mouvements dépendant du point circonscrit isolé du reste de l'écorce, et la paralysie motrice succéder à l'ablation de la même région, si bien que « les points dits centres moteurs conservent tout au moins une influence directrice sur le mouvement, malgré leur séparation du reste de l'écorce » (3). En appliquant la méthode de section des fibres d'association, qu'il appelle « méthode par isolement », MARIQUE, après l'isolement du gyrus sigmoïde, c'est-à-dire après la section des fibres d'association qui rattachent ce territoire moteur aux régions voisines *(frontale, temporale* et *pariéto-occipitale)*, constata des phénomènes paralytiques, identiques à ceux qui suivent l'ablation du gyrus sigmoïde lui-même. MARIQUE en conclut que *les centres moteurs n'ont point de fonctionnement spontané,* autonome, et que *leur mise en activité est subordonnée aux excitations venant des régions sensitives et sensorielles voisines, surtout de la région pariéto-occipitale,* par un mécanisme analogue à celui des centres réflexes de la moelle. Les actes dits *volontaires* ne sont, en dernière analyse, comme les *réflexes spinaux,* que des *réflexes cérébraux* ; ils n'en diffèrent que par le degré de complexité. Ces recherches furent en partie poursuivies au Laboratoire de physiologie de Bruxelles. Au nombre « des symptômes consécutifs » à l'isolement complet du gyrus, l'auteur signale une paralysie des mouvements purement volontaires ou intentionnels, encore très nette plusieurs semaines après

---

(1) *Ueber Lage, Ausdehnung und Bedeutung der absoluten motorischen Felder auf der Hirnoberfläche des Hundes.* PFLÜGER's Arch., XXXVII, 1885, 523-561.

(2) *Das Rindenfeld des Facialis und seine Verbindungen bei Hund u. Kannichen.* PFLÜGER's Archiv, XLI, 1887, 349. — *Versuche über die Folgen der Durchschneidung von Associationsfasern am Hundehirn.* Ibid., XLIV, 1889.

(3) FRANÇOIS FRANCK. *Leçons sur les fonctions motrices du cerveau,* 371.

que les troubles de locomotion (troubles dans la marche) avaient complètement disparu : cette paralysie disparut à son tour six à huit semaines après l'opération (1).

Dans l'examen des objections qui peuvent être soulevées contre la méthode d'isolement, Marique répond à celle de ces objections qui voudrait expliquer les phénomènes décrits par la section non pas seulement des fibres d'association, mais encore des fibres de la couronne rayonnante, de sorte que la méthode par isolement complet du gyrus sigmoïde reviendrait à la destruction complète du gyrus par énucléation : « L'excitation électrique, employée après les sections, nous permettait chaque fois de nous assurer que nos incisions n'avaient pas détruit cet ordre de fibres et que notre centre restait parfaitement en communication avec les ganglions de la base... Les fibres de la couronne rayonnante, parallèles à la ligne d'introduction de notre couteau, restaient intactes. » A l'autopsie de quelques chiens morts peu de jours après l'expérience, Marique constata « l'intégrité parfaite des fibres de la couronne rayonnante ». Suivant Marique, « les phénomènes de paralysie presque complète obtenus par la section transversale postérieure démontrent également que les modifications fonctionnelles observées sont bien dues à la section des fibres d'association ». En répétant ces recherches de Marique, S. Exner et Jos. Paneth ont constaté qu'après l'isolement du gyrus sigmoïde (pratiqué aussi sur la face interne), l'excitabilité électrique de cette région de l'écorce persistait immédiatement après l'opération. Les phénomènes consécutifs furent les mêmes, quoique moins graves, qu'après l'extirpation du gyrus ; ils purent encore être constatés quatre mois après l'opération (aucun animal ne vécut plus longtemps). A l'autopsie, outre la diminution du volume de l'hémisphère lésé, l'enfoncement en sous-sol de la partie circumsectionnée et la dilatation des ventricules, l'examen microscopique montra une dégénérescence profonde des fibres des faisceaux sous-jacents qui put être suivie très bas dans la moelle épinière. « Lorsque, ont écrit ces auteurs, la partie de la région motrice du cerveau d'un chien contenant les territoires corticaux (*Rindenfelder*) des extrémités est séparée, par une section circulaire, de ses connexions avec le reste de l'écorce cérébrale, en épargnant le plus possible les vaisseaux de la pie-mère sus-jacente, des phénomènes se manifestent qui ressemblent à ceux qu'on observe après l'extirpation complète de cette partie. La partie circumsectionnée s'atrophie. Il est vraisemblable qu'une part de ces phénomènes doit être

(1) *Recherches expérimentales sur le mécanisme de fonctionnement des centres psychomoteurs du cerveau*. Bruxelles, 1885, 73-83.

rapportée à la lésion proprement dite, au traumatisme, comme disent les Français, une autre part à la section des fibres d'association. »

Voici, en somme, quelle idée générale des processus nerveux de l'écorce cérébrale ressort des travaux d'Exner. La structure histologique de la plus grande partie de l'écorce cérébrale étant à peu près la même, le mode de fonctionnement doit être aussi à peu près semblable dans les diverses régions de cet organe : la diversité fonctionnelle qu'on y constate doit donc surtout dépendre des connexions de l'écorce avec la périphérie. Les expériences sur les animaux et les observations cliniques et anatomo-pathologiques de dégénérescences secondaires ont fait connaître l'origine et le trajet des faisceaux qui, par les pédoncules cérébraux, vont à travers la longue voie de la moelle épinière se distribuer aux cellules des cornes antérieures, d'où sortent les racines des nerfs moteurs qui transmettent aux différents groupes de muscles correspondants l'incitation partie de l'écorce du cerveau. Les processus centraux des territoires d'innervation des extrémités supérieures et du facial doivent être semblables : seuls, les rapports de ces territoires corticaux avec les territoires musculaires considérés sont cause de la diversité des manifestations. Jamais la paralysie qui résulte de la destruction de tout un territoire cortical *absolu* ne disparaît chez l'homme ; les désordres moteurs consécutifs aux lésions d'un territoire cortical *relatif* peuvent s'amender. Quand l'excitation d'une zone corticale limitée est très intense, elle tend à se propager aux régions voisines. Ce qui vient d'être dit des territoires corticaux du mouvement, c'est-à-dire de ceux de la sensibilité générale, vaut pour les territoires corticaux de la sensibilité spéciale. Ainsi, aux *paralysies* correspondent les *anesthésies,* aux *convulsions* (épilepsies partielles, etc.) d'origine corticale les *hallucinations*.

Centres kinesthésiques de Bastian. — H. Charlton Bastian, rappelant les résultats des expériences de Marique, d'Exner et de Paneth, estimait que ces faits démontrent que l'isolement des centres kinesthésiques, c'est-à-dire du gyrus sigmoïde ou des circonvolutions rolandiques, par la section des fibres qui les unissent aux autres centres de sensibilité de l'écorce, détermine une paralysie identique à celle de l'extirpation des centres moteurs de Ferrier (1). En outre, Marique avait constaté que les mêmes contractions musculaires apparaissent après comme avant l'isolement de ces régions, sous l'influence de l'excitation électrique de l'écorce ; les

(1) Bastian. *On the Relations of sensory Impressions and sensory Centres to voluntary Movements.*

centres musculaires avaient donc conservé, avec leur excitabilité, leurs connexions avec les faisceaux pyramidaux. Les centres des mouvements des membres, de même que ceux du langage, semblaient ne réagir qu'aux excitations parties des centres de la vision, de l'audition, etc. Les images tonales des mots auraient ainsi, pour les mouvements du langage, une importance comparable (mais beaucoup plus évidente) à celle que possèdent les images visuelles pour les mouvements des extrémités (mouvements volontaires de la main suscités par la vision chez l'enfant, etc.). La vue prend presque autant de part, en effet, à l'apprentissage des mouvements du corps, en réagissant sur les régions corticales du sens musculaire et des autres modes de la sensibilité générale, articulaire, tendineuse, etc. (sensibilité kinesthésique de Bastian), que l'audition aux mouvements de la parole, au moins de la parole articulée. De la partie postérieure de T^1 gauche, siège de la perception des sensations auditives verbales et de l'enregistrement des images tonales des mots, des fibres d'association, passant au-dessous de l'insula de Reil, vont s'arboriser dans les prolongements protoplasmiques des neurones d'un second centre de sensibilité, appelé par Bastian *glosso-kinesthésique*, siège des sensations, perceptions et images des mouvements de la langue, du larynx, etc., dans l'articulation, constitué par les régions postérieures de la F^3 gauche et par celles des entours de cette circonvolution. De la F^3, la transmission de l'onde nerveuse se propage, à travers la capsule interne, jusqu'aux véritables centres moteurs du langage, dans le bulbe. Des paralysies des mouvements de la parole résulteront aussi bien des lésions du premier que du second de ces centres de sensibilité, — du centre de l'audition verbale que du centre glosso-kinesthésique, c'est-à-dire du territoire d'innervation musculaire des centres moteurs du langage.

Une hémiplégie droite, avec hémianesthésie, accompagnée de perte de la parole, se produisit en décembre 1877 chez un droitier; il existait, en outre, des attaques convulsives périodiques; trois de ces attaques, particulièrement intenses, et qui éclatèrent dans les dernières années, furent suivies d'une notable aggravation des phénomènes paralytiques; l'hémianesthésie du côté droit augmenta également durant les deux dernières années de la vie. Voici en quoi consistait la lésion de déficit du langage : le langage volontaire ou spontané était réduit à quelques mots ; mais le malade pouvait *répéter les mots qu'on prononçait devant lui* et il *comprenait ce qu'on lui disait* aussi bien que ce qu'il *lisait*. Mais il ne pouvait ni *lire un mot à haute voix* ni *écrire un mot sous la dictée*, quoiqu'il pût *copier* le même mot de sa main gauche s'il le voyait écrit devant lui. On diagnostiqua une altération du centre de l'audition verbale, à la partie postérieure de T_1, un état d'intégrité relative du centre de la vision verbale dans le *gyrus angularis* et le *gyrus supramarginalis*, une lésion de déficit des fibres reliant les centres de l'audition et de la vision des mots, une lésion des fibres reliant la F_3 et le centre de l'articulation dans la moelle allongée.

les images tonales et kinesthésiques des mots puissent, dans cette dernière occurrence, persister dans les centres ainsi isolés, comme dans les expériences de circonvallation. Mais la « méthode d'isolement » pratiquée par la maladie est rarement aussi radicale que celle des physiologistes ; en l'absence du centre des images tonales des mots, le centre optique des images graphiques peut encore actionner le centre kinesthésique des mêmes symboles et en réveiller la conscience. Le centre de la vision verbale est, en outre, associé avec un centre des mouvements de l'écriture, et ce centre kinesthésique serait localisé à peu près là où Exner et Charcot l'avaient déjà situé, c'est-à-dire dans la partie moyenne des circonvolutions rolandiques, si bien que la cécité verbale dominerait les troubles de l'écriture (agraphie) comme fait la surdité verbale les troubles de la parole (paraphasie, aphémie). Toutefois, selon Bastian, les images kinesthésiques qui déterminent les mouvements de la main dans l'écriture permettraient la survie de cette fonction même dans certains cas de cécité verbale. Pour la lecture à haute voix, voici ce qui se passe : du centre de la vision verbale, les perceptions transmises par des fibres commissurales au centre de l'audition verbale, retentissent de là sur le centre glosso-kinesthésique, d'où part l'incitation qui doit mettre en branle les centres moteurs bulbaires. Qu'une lésion atteigne isolément un des trois centres de sensibilité énumérés, et, en particulier, le centre de la vision verbale qui commande ici les autres, et la lecture à haute voix sera impossible par défaut d'innervation des appareils phono-moteurs, encore que la répétition des mots et des lettres demeure possible, puisque en ce dernier cas l'excitation porterait directement sur le centre de l'audition verbale, demeuré en rapports anatomiques et physiologiques avec le centre glosso-kinesthésique, ou centre des images verbales d'articulation, comme celui-ci l'est avec les centres moteurs d'exécution instrumentale du langage articulé. Il va de soi que si la lésion porte sur ces derniers centres ou sur les faisceaux de projection par lesquels ils sont associés au centre glosso-kinesthésique, il se produira de l'anarthrie.

Rien ne démontre mieux, selon Bastian, qu'on doit localiser dans les centres de *sensibilité* générale et spéciale de l'écorce (et il n'y en a point d'autres) l'excitation et comme l'impulsion initiale nécessaire à la production du mouvement. Chez l'homme, il n'y a pas d'exemple de paralysie des mouvements du corps consécutive à une lésion des centres de la vision mentale ou des faisceaux d'association de ces régions avec ceux des centres kinesthésiques qui se puisse comparer à la paralysie des mouvements de la parole consécutive aux lésions du centre de l'audition verbale ou des faisceaux d'association de ce centre avec la circonvolution de Broca. Quelque chose de semblable existerait cependant pour les mouvements

de l'écriture, car Bastian dit, dans un passage de la *Note* que nous analysons, que la destruction du centre de la vision verbale gauche ne permet plus au sujet d'écrire soit un mot, soit une lettre. Chez les animaux, il semble résulter des expériences de Marique que la section des fibres d'association reliant les régions postérieures du cerveau, par exemple les centres de la vision, aux territoires de la sensibilité musculaire, articulaire, etc., du corps, détermine la même paralysie des extrémités que la destruction des centres kinesthésiques eux-mêmes. Cependant Anton, au point de vue clinique, a cité plusieurs cas de troubles graves de la motilité volontaire déterminés, à plusieurs reprises, par une altération des sensations musculaires, cutanées et optiques (hémianopsie), suivis d'atrophie précoce des muscles du côté paralysé. Ces troubles du mouvement, Anton les attribue à la perte du sens musculaire en particulier, dont les courants afférents n'arrivaient plus aux « centres psycho-moteurs » de la région pariétale de l'écorce. Dans la capsule interne comme dans la couronne rayonnante, les différentes voies nerveuses sensitives sont distinctes et séparées ; dans le cerveau, ces faisceaux semblent s'irradier dans les régions pariétales, « en arrière de la voie motrice ». Anton en conclut, lui aussi, que les centres dits moteurs ne semblent pas fonctionner spontanément : ils doivent être actionnés par des excitations transmises des régions de la sensibilité générale et spéciale de l'écorce. La suppléance importante qu'exerce la vue pour l'accomplissement des mouvements volontaires indique que les perceptions et les images du centre sensoriel de la vision peuvent agir comme celles des territoires de sensibilité générale d'où partent les incitations des mouvements volontaires. Rien de plus complexe, par conséquent, que les sensations et les images motrices. Déjà, chez le nouveau-né, les mouvements réflexes déterminent la projection, dans l'écorce, de sensations apportées par les nerfs sensitifs des articulations, des muscles, des ligaments, etc., bien avant qu'un mouvement volontaire puisse être exécuté, les voies nerveuses du faisceau sensitif fonctionnant avant celles du faisceau moteur. Voilà même qui explique, selon Anton, quant à l'évolution, le fait que chaque mouvement volontaire est précédé plus tard d'une sensation ou représentation motrice, résidu de ce que Bastian appelle sensations kinesthésiques, sensations qui préexistaient dans l'organe de l'association à la possibilité de l'accomplissement de tout acte intentionnel et conscient (1).

---

(1) Anton. *Beitrag zur klinischen Beurtheilung und zur Localisation der Muskelsinnstörungen im Grosshirn.* Zeitschr. f. Heilkunde, 1893.

A côté des paralysies dues à des lésions organiques, BASTIAN a étudié avec une rare pénétration les troubles de même nature dérivant d'altérations fonctionnelles, soit du cerveau, soit de la moelle.

Il existe, pour BASTIAN, une double représentation des divers modes de la sensibilité, du toucher et de la sensibilité générale entre autres, dans chaque hémisphère cérébral. Les vastes régions rolandiques du *cortex* que FERRIER, en Angleterre, continue à considérer comme motrices, contiennent aussi, pour BASTIAN comme pour HORSLEY, des représentations des *sensations cutanées* : ces aires sensitives où se projettent les différentes parties des surfaces du corps coïncident pour la plupart, topographiquement, avec celles des aires d'innervation motrice correspondantes. Les régions rolandiques, qui sont pour HORSLEY *sensitivo-motrices*, ne sont toutefois, pour BASTIAN, que *sensitives* (*kinesthésiques*). La clinique, la pathologie expérimentale et la physiologie avaient conduit à la doctrine de la localisation corticale des sensations tactiles dans ce qu'on appelle couramment aujourd'hui la *sphère sensitive du corps* (HITZIG, NOTHNAGEL, EXNER, LUCIANI et SEPPILLI, SCHIFF, MUNK, FLECHSIG, STARR, DANA (1), etc.). Mais BASTIAN admet, en outre, et sa conviction scientifique repose sur les expériences de ses compatriotes, FERRIER, SCHÄFER, HORSLEY, etc., que le *toucher* et la *sensibilité générale* ont leurs centres corticaux dans le *lobe limbique*. A la vérité, les auteurs anglais, sans parler de MOTT, ne sont plus unanimes sur ce point. Tandis que FERRIER, déniant toute fonction de sensibilité à la région rolandique (2), localise à la fois, dans la même aire du lobe limbique, toutes les sensations tactiles ainsi que toutes les sensations kinesthésiques, SCHÄFER et HORSLEY non seulement conviennent que l'aire rolandique est aussi le siège des sensations du sens musculaire : HORSLEY, nous l'avons montré, y localise encore les sensations irradiées de la peau, des articulations, des tendons, des os. Ce n'est point uniquement dans le lobe limbique que le toucher et la sensibilité générale, avec tous leurs modes, deviennent conscients : BASTIAN situe aussi des centres corticaux de ces sensations dans les circonvolutions centrales et dans la circonvolution marginale (face interne de F_1). Cependant « les preuves expérimentales en faveur de l'opinion d'après laquelle le *lobe limbique* est

---

(1) V. DANA. *The cortical Localis. of the cutaneous Sensations*. The Journ. of mental and nerv. diseases. 1888. DANA croit aussi « très possible qu'il existe dans le *lobe limbique* quelque fonction de la sensibilité. » Il pense, d'ailleurs, que le lobe limbique, ou quelqu'une de ses parties, est surtout le centre de la sensibilité olfactive. Il estime enfin avoir quelque raison de croire que « le siège des « mémoires musculaires » est dans le lobule pariétal inférieur (P2) ». Mais le petit nombre d'observations qu'on pourrait invoquer à l'appui d'une telle doctrine ne sauraient guère convaincre personne. (C. K. MILLS. *Brain*, 1889. 389.)

(2) D. FERRIER. *Funct. of the Brain*, 2d Ed., 1886, 377, 379.

thésique, synergiquement associés entre eux, sont de même reliés par d'étroites connexions avec chacune des aires fonctionnelles de la vision, de l'audition, de la gustation, du toucher, etc. « En 1886, rappelle Bastian, je soutenais, devant la Neurological Society de Londres, que les prétendus centres moteurs de l'aire rolandique étaient, en réalité, des centres du *sens musculaire*; je croyais alors que les *impressions cutanées* étaient entièrement cantonnées, quant à leur aire corticale, dans le *lobe limbique* (des expériences alors récentes semblaient le démontrer). Aujourd'hui que des preuves cliniques et pathologiques ont établi avec une certitude beaucoup plus grande qu'en même temps que le *sens musculaire*, le *toucher* et la *sensibilité générale* coexistent dans l'aire rolandique et y sont représentés, il ne me paraît pas improbable qu'une double représentation corticale de ces modes de la sensibilité existe en effet ». Ainsi, encore que le *lobe limbique* soit sans doute « le principal registre » du tact et de la sensibilité générale, les *aires rolandique* et *marginale* ne laissent pas d'être des « sièges indépendants » d'enregistrement des impressions kinesthésiques où entrent, comme éléments intrinsèques, des sensations *tactiles, cutanées*, etc.

Enfin, à ceux qui s'étonneraient encore de trouver si vaste l'aire corticale des centres kinesthésiques, au regard de celle du lobe limbique ou falciforme, où siègent les zones fonctionnelles du toucher et de la sensibilité générale du corps, Bastian fait observer que les impressions kinesthésiques doivent être « aussi nombreuses, aussi indéfiniment variées et différenciées, que les mouvements des corps vivants eux-mêmes, et que ces sensations se trouvent associées à peu près à toutes les sensations visuelles et tactiles : les mouvements des yeux, ceux des mains et des doigts augmentent dans la même proportion le nombre, l'étendue et la complexité immense des sensations visuelles et tactiles possibles; les sensations kinesthésiques en font partie à titre d'éléments constitutifs, de corps simples, que l'analyse physiologique décèle partout et toujours dans ces combinaisons.

A quelle pathogénie générale rapporter les lésions *fonctionnelles* du mouvement et de la sensibilité des différentes régions du corps, des membres et segments de membres ? « Ç'a été longtemps la coutume, on le sait, écrit Bastian, d'attribuer à quelque lésion de la « volonté » les différents cas de paralysie hystérique ». Mais « la vieille notion de l'hystérie, sorte d'entité mystérieuse (*the old notion of hysteria, as a kind of mysterious entity*), » n'inspire plus aucune foi au célèbre neurologiste anglais. Une pathogénie vaso-motrice des anesthésies et des paralysies fonctionnelles vaut bien celle de la « volonté », au moins à titre d'hypothèse provisoire, car tout le monde sait combien la connaissance de l'innervation vaso-motrice du système nerveux central est encore peu avancée. Un spasme des vaisseaux de telle ou telle région du cerveau pourrait être invoqué, dit Bastian, comme une cause vraie, efficiente, d'une abolition partielle ou complète de l'activité fonctionnelle de cette région, partant de la production d'une paralysie de la motilité ou de la sensibilité. Sans doute, il est difficile de comprendre qu'un spasme artériel dure des semaines, des mois et des années. Pourtant la difficulté de provoquer l'issue du sang même par des piqûres profondes du côté anesthésié du corps semble bien attester, suivant Bastian, l'exactitude de cette étiologie.

L'apparition et la disparition soudaines des paralysies fonctionnelles sont également tout à fait favorables à l'hypothèse d'un spasme vaso-moteur comme cause de ces affections (1). Peut-être ce spasme n'a-t-il pas besoin d'être extrême ; peut-être suffit-il que l'irrigation sanguine de certaines parties du cerveau ou de la moelle diminue de moitié ou d'un tiers pour qu'un trouble fonctionnel du territoire correspondant apparaisse. La quantité de sang continuant à arriver à la région du cerveau ou de la moelle frappée d'ischémie peut à tout le moins suffire à maintenir un certain état de nutrition ; est-elle insuffisante, il en résultera des lésions structurales qui, tout en abolissant la fonction, pourront n'être pas décelables (au moins avec les méthodes alors connues) à l'examen microscopique. Quand la cause de l'affection primitive a disparu, c'est-à-dire le spasme vasculaire, « il est toujours nécessaire, avant que l'activité fonctionnelle revienne complètement, que les troubles de nutrition qui ont eu lieu soient réparés ». Cette remarque de Bastian, qu'a faite aussi Charcot bien souvent, ruine les légendes de guérison instantanée d'anciennes paralysies du mouvement ou de la sensibilité dont on serait témoin dans les villes de pèlerinages et les sanctuaires où la foi guérit. Ces prétendus miracles, ces guérisons des troubles fonctionnels les plus variés du système nerveux de l'encéphale, de la moelle et du grand sympathique, ne sont point niables ; ils n'ont même rien que de naturel pour un grand neurologiste tel que Charcot. Seulement, pour qui sait regarder et suivre une observation, ils ne sont pas instantanés, comme se l'imagine souvent le malade, comme le croient les gens de bonne foi auxquels il suggère sa croyance.

Il faut aussi reconnaître que l'activité des éléments nerveux en général, ainsi que celle des différentes aires corticales du cerveau, varient beaucoup avec les individus, car l'hérédité, les aptitudes innées ou acquises, l'inégalité de développement des divers centres de projection et d'association chez le musicien, le peintre, le mathématicien, par exemple, réaliseront dans certains groupes de neurones fonctionnellement associés des conditions de nutrition qui, pour être physiologiques, n'en seront pas moins souvent très voisines d'états pathologiques confirmés. Ainsi, « une activité nutritive inférieure entraîne de nécessité, comme une conséquence, une irrigation sanguine inférieure à la normale. La vieille maxime : *ubi stimulus, ibi fluxus*, paraît être de toute vérité pour les tissus nerveux : une exagération ou une diminution de l'activité fonctionnelle de quelque

---

(1) Charlton Bastian. *Various Forms of hysterical or functional Paralysis*. Lond., 1893, p. 7.

partie du cerveau ou de la moelle épinière détermine, comme un effet inévitable, une augmentation ou une diminution de la quantité de sang appelé à cette partie par la fonction. » Parmi les causes capables de provoquer les paralysies fonctionnelles dont il s'agit, Bastian énumère, outre l'hérédité névropathique, les états d'anémie et de dépression consécutifs aux maladies aiguës, aux traumatismes, aux chagrins et à la douleur, ce « shock mental », aux suites immédiates de convulsions hystériques.

A. Les cas de *paralysie fonctionnelle de type cérébral* qu'a cités tout d'abord Bastian, et qui se rapportent à quelque altération de l'activité fonctionnelle de l'aire kinesthésique des circonvolutions rolandiques, éclairent véritablement la physiologie normale et pathologique des mouvements volontaires. Un malade reçoit un coup sur l'épaule : graduellement, non subitement, apparaissent une *paralysie* flasque de tout le bras, sans atrophie musculaire, et avec une légère exagération des *réflexes profonds*, la perte du *sens musculaire*, une altération simple d'autres modes de la sensibilité (que Bastian attribue ici à une légère lésion fonctionnelle du segment postérieur de la capsule interne), des erreurs de *localisation d'impressions tactiles*. Bref, tout le cortège des accidents qu'Horsley a vus résulter d'une lésion de déficit de l'aire corticale du pouce, par exemple, dans une observation clinique dont nous avons reproduit les termes : anesthésie tactile ; erreurs de localisation des impressions de cet ordre ; sensations d'engourdissement et de froid ; perte de la notion de position du segment du membre considéré ; paralysie des mouvements volontaires. L'exécution de ces mouvements volontaires ne dépend donc pas de l'existence de « vrais centres moteurs » (*true motor centres*), dont les lésions provoqueraient des symptômes purement moteurs, sans altération d'aucun mode de la sensibilité, centres postulés par Hughlings Jackson et par David Ferrier, mais dont Bastian n'a jamais admis la réalité (1). A ces prétendus « centres moteurs », il a substitué des « centres sensitifs » (*sensory centres*) où sont « enregistrées », associées et conservées les impressions des sens qui accompagnent et suivent l'exécution de tout mouvement, les sensations *kinesthésiques*, les sensations de la sensibilité motrice (*sense of movement*). Et c'est bien sur la face externe et interne des régions classiques de la motilité volontaire, régions d'où partent les « impulsions volontaires », que se trouvent les centres de « sensibilité motrice », d'effort et de conscience musculaire, d'adaptation et d'ajustement des articulations, etc. qui constituent, encore un coup, le mouvement volontaire, acquis, et dont la répétition est précédée d'une représentation mentale. « Je soutiens, écrit Bastian, après l'observation d'une monoplégie brachiale traumatique qu'il vient de décrire, que, dans ce cas comme dans d'autres où existe une affection organique de l'aire rolandique du cortex, la paralysie relève directement de l'inertie fonctionnelle des centres kinesthésiques qui y sont situés, et par conséquent, de l'abolition des conditions du réveil des impressions antérieures de cet ordre. Sans ce réveil, condition de l'activité en réponse des centres bulbaires et spinaux, un mouvement volontaire ne peut pas plus avoir lieu qu'un fusil ne peut partir sans pression de la détente. »

Ainsi, l'incapacité de rappeler en idée ou idéalement les mouvements de son bras paralysé (*to recall in idea movements of her paralysed arm*), voilà ce qui empêchait ce malade

---

(1) *The Brain as an Organ of Mind*, 1880, 581-88.

d'innerver les muscles correspondants de cette extrémité. Une distinction fort importante, souvent négligée, et sur laquelle BASTIAN a insisté, doit être établie selon que la perte du sens musculaire dépend d'une affection organique des faisceaux sensitifs, afférents, des impressions kinesthésiques, ou des centres corticaux où s'élaborent ces sensations : la destruction de ces aires du *pallium* s'accompagne nécessairement de l'incapacité de rappeler idéalement ou de se représenter les mouvements correspondants. Dans la grande majorité des cas d'hémianesthésie profonde et lorsque le rappel des images motrices est possible, il ne s'agit que d'une altération des faisceaux afférents de projection. Il arrive cependant que ces deux groupes de symptômes se présentent souvent associés : l'hémianesthésie et la paralysie motrice coexistent. BASTIAN explique ce fait par une lésion fonctionnelle simultanée, due à des troubles de nutrition, des faisceaux afférents et de certaines régions des centres corticaux (FA, PA, F_1) où ces fibres se distribuent.

B. Mais, à côté des paralysies fonctionnelles de type cérébral, il en est de *type capsulaire,* dues à une lésion fonctionnelle du tiers postérieur du segment postérieur de la capsule interne, c'est-à-dire de la partie du pied de la couronne rayonnante située entre le thalamus opticus et la partie postérieure du noyau lenticulaire. Cette province du cerveau est irriguée par les branches lenticulo-optiques de l'artère cérébrale moyenne. On sait combien y sont communes les lésions organiques, hémorragies et ramollissements. Dans les formes complètes, typiques, de l' « hémianesthésie cérébrale », rappelle BASTIAN, tous les sens spéciaux sont affectés : tact, audition, vision, odorat. Ainsi, dans l'amblyopie résultant d'une altération fonctionnelle du tractus optique, au delà des tubercules quadrijumeaux, l'acuité de la vision peut être réduite de moitié ou davantage sans changement du fond de l'œil et avec conservation des réactions pupillaires. Il y a rétrécissement concentrique du champ visuel et du champ chromatique : quoique ce dernier existe souvent dans les deux yeux, il est plus prononcé du côté anesthésié. Encore qu'il n'y ait pas de paralysie motrice aussi longtemps que l'affection est limitée au tiers postérieur du segment postérieur de la capsule interne, les mouvements des régions du corps anesthésiées manquent plus ou moins de précision quand les yeux sont fermés. Cette paralysie purement sensitivo-sensorielle (*sensory paralysis, no motor paralysis*) s'accompagne d'ataxie (cas de DEMEAUX). L'hémianesthésie cérébrale peut être double et inégalement complète sur chaque moitié du corps (cas de STRÜMPELL). Lorsque la vue et l'odorat ne sont pas impliqués dans le processus, au lieu d'une hémianesthésie cérébrale, on a une hémianesthésie mésencéphalique, due à une affection du pédoncule cérébral ou du pont de VAROLE.

C. Une hémianesthésie peut s'accompagner de paralysie uniquement du fait de l'occlusion des yeux : dans ces cas, une lésion fonctionnelle du segment sensitivo-sensoriel de la capsule interne s'associe à un trouble de même nature du *cortex*. De même que le langage a pour conditions des excitations irradiées des centres *auditif* et *glosso-kinesthésique,* si bien qu'une lésion de l'un ou de l'autre de ces centres de sensibilité entraînera une paralysie du langage, soit temporaire, soit permanente, selon la nature de la lésion, de même, enseigne BASTIAN, les mouvements des membres s'accomplissent sous l'influence d'excitations sensibles irradiées des centres *visuels* et *kinesthésiques* ; une lésion de ces aires corticales déterminera, suivant sa nature, une paralysie temporaire ou permanente des mouvements correspondants. Et pourtant, BASTIAN en a souvent fait la remarque, il n'existe pas encore d'observation de paralysie motrice des membres relevant directement d'une lésion de la sphère visuelle, comme il existe des cas de paralysie motrice de l'articulation des mots due à une lésion du centre de l'audition. Il connaît toutefois des paralysies de la motilité volontaire réalisées expérimentalement, dans les conditions postulées, chez les animaux inférieurs. D'autre part, l'isolement des centres kinesthésiques des membres

par section des fibres d'association qui les unissent aux centres sensoriels de l'écorce provoque « une paralysie exactement du même caractère que celle qui résulte de l'extirpation de ces centres (1) ». Bastian propose de classer sous la rubrique de variétés de « paralysie associée » toutes ces formes de paralysie, soit du langage, soit des mouvements des membres.

D. Enfin, il y a des paralysies dues à des lésions fonctionnelles des *faisceaux efférents* de la voie des pyramides (*internuncial fibres*), dont les cellules d'origine siègent dans les aires rolandique et marginale et dont les fibres se distribuent aux noyaux moteurs du pont de Varole et du bulbe, et s'arborisent aux différents étages de la *moelle épinière*, dans le dendrites des cellules radiculaires des cornes antérieures. Les « centres moteurs vrais » sont la *protubérance*, le *bulbe* et la *moelle épinière*. Qu'une lésion, organique ou fonctionnelle, frappe sur leur trajet les fibres qui transmettent au *bulbe* les incitations motrices parties du *centre glosso-kinesthésique* de F_3 : les mêmes symptômes caractériseront les lésions des fibres destinées aux centres d'articulation bulbaires, que la lésion les ait atteintes à leur passage dans la *couronne rayonnante* ou dans la *capsule interne*. L' « aphémie » complète est une affection du langage relevant d'une altération organique ou fonctionnelle des fibres internonciales dans leur trajet du centre glosso-kinesthésique aux centres moteurs bulbaires d'articulation (2) : les malades sont alors absolument muets et aphones. Mais ils comprennent ce qu'on leur dit et expriment leurs pensées au moyen de l'écriture, l'intelligence étant tout à fait intacte. C'est cette forme d' « aphémie » que Charcot et Cartaz ont décrite sous le nom de *mutisme hystérique* (3).

Ce fut, en effet, Charcot qui le premier attira l'attention sur le *mutisme hystérique* considéré comme symptôme de l'hystérie (1886). La variabilité extrême et l'inconstance en quelque sorte des manifestations de cette névrose expliquent que le grand neurologiste ait dû plusieurs fois modifier le type, classique dès la première heure, qu'il en avait constitué. Il avait d'abord admis que le mutisme hystérique est toujours lié à l'aphonie et n'est jamais accompagné d'agraphie, de cécité ni de surdité verbales ; le langage mimique demeure complètement intact. Charcot avait noté que le bégaiement hystérique précède souvent ou suit cette affection. Pour le diagnostic différentiel entre le mutisme hystérique et l'aphasie motrice d'origine organique, Charcot rappelait que l'aphémie est souvent accompagnée de surdité et de cécité verbales et d'agraphie, voire de troubles du langage des gestes. En outre, les aphasiques moteurs ne sont presque jamais aphones : ils crient, émettent encore quelques syllabes ou mots. Dans le mutisme hystérique, le malade est muet et aphone. Quoique le malade ait conservé les mouvements généraux de la langue et des lèvres, il ne peut ni articuler un seul mot, même à voix basse, ni imiter les mouvements d'articulation qu'il voit faire devant lui. « Il est aphone, le plus souvent, d'une façon absolue : mais ce n'est pas parce qu'il est aphone qu'il ne peut articuler ni chuchoter ». Le chucho-

---

(1) V. l. l., *App.* B, p. 188, n. 2.

(2) Bastian. *On different kinds of Aphasia*, etc. Brit. med. Journ., 1887.

(3) Bastian rappelle deux cas d'E. Jacob (Brit. med. Journ., 1890), où la guérison de cette aphémie fut due à des inhalations d'éther. L'un de ces malades n'avait, depuis cinq ans, prononcé un seul mot ; au réveil d'une narcose éthérée, où il avait été plongé pour une réduction de l'épaule, « il commença de parler clairement et avec volubilité, évidemment heureux d'avoir recouvré sa faculté de parler. » Tous ces cas d' « aphémie », à durée plus ou moins longue et à guérison plus ou moins subite, ne sont pas toutefois de nature fonctionnelle : quelques-uns peuvent être l'effet d'une thrombose ou d'une embolie de quelques vaisseaux irriguant la région cérébrale considérée. (Bristowe. *Speedy recovery from the Effects of cerebral Embolism*. Brain, 1888, cas cité par Bastian.)

tement, en effet, est indépendant de la voie laryngée (Marey (1876), Boudet (1879). Hélène G., qui avait adressé à un prêtre le cadavre d'un enfant nouveau-né, dans un colis étiqueté : fromage, auquel était joint ce billet : « Priez pour celle que vous avez perdue », était absolument muette et aphone ; elle ne proférait pas le moindre bruit, même quand par surprise on l'excitait à rire. Les stigmates hystériques étaient très nets chez cette malade (Brouardel, Charcot). Pour communiquer avec le juge d'instruction, avouer son crime, elle écrivait, vite et correctement. L'écriture, la mimique des gestes, l'intelligence étaient complètement normales. Le tableau symptomatique de ce syndrome constrastait assez avec celui de l'aphasie motrice de cause organique pour que le diagnostic parût des plus clairs. Des observations ultérieures persuadèrent pourtant Charcot que, s'il est presque toujours associé à l'aphonie, le mutisme hystérique peut s'accompagner d'agraphie et même de surdité et de cécité verbales. Il rencontra aussi des cas qui n'avaient été ni précédés ni suivis de bégaiement. Enfin, le mutisme hystérique se présente quelquefois à titre d'accident monosymptomatique (1). Cartaz confirma, d'une manière générale, la doctrine du maître ; il

---

(1) Charcot. *Leçons sur les maladies du système nerveux.* Œuvres, III, 26e leçon, 422-438. — *Leçons du mardi*, 1887-1888. — *The Faith-Healing.* New Review. de Londres, 1er déc. 1892. — Cf. Arch. de neurologie, 1893, nº 73, p. 72-87 : *La foi qui guérit.* On n'a jamais noté, dit Charcot, que la *faith-healing* ait fait repousser un membre amputé. Par contre, on ne compte plus les cas de guérison de paralysies, « mais je crois que celles-ci ont toujours été de la nature de celles que Russell Reynolds a qualifiées du terme général de paralysies *dependent on idea.* » De même pour les ulcères et les tumeurs qui sont de la même nature que ces paralysies, c'est-à-dire d'origine hystérique. Les ulcérations persistantes de la peau ne sont pas rares dans l'hystérie, témoins les plaies de saint François d'Assise et les stigmates de Louise Lateau. Bourneville et P. Regnard (*Iconogr. photogr. de la Salpêtrière*, 1876, 1880). L'œdème hystérique, œdème dur, œdème bleu ou violacé, lorsqu'il est porté à un certain degré d'intensité, peut entraîner après lui des gangrènes cutanées dont les escharres laissent à leur suite des ulcérations. (Renaut (de Lyon). V. Fowler. *Neurotic Tumours of the breast.* Medical Record, 15 febr. 1890. Bourneville. *Recherches clin. et thérap. sur l'épilepsie et l'hystérie.* Paris, 1876, 175, 192. L'observ. d'Etch. Le cas de la demoiselle Coirin, dans Carré de Montgeron. *La vérité des miracles opérés par M. de Paris et autres appelants.* Cologne, 1747, I, viie Demonstr.

« Il est péremptoirement démontré aujourd'hui que l'*atrophie musculaire* accompagne assez souvent la paralysie ou la contracture hystérique (Charcot). » Mais si la contracture ou la paralysie peuvent apparaître ou disparaître soudainement, le membre paralysé ou contracturé ne reprendra sa force et son volume, au cas où les muscles se seraient atrophiés, que lorsque les faisceaux musculaires se seront régénérés, sous l'influence du rétablissement de l' « influx moteur parti du cerveau ». La demoiselle Coirin ne put se servir de la jambe atrophiée pour monter en voiture que vingt jours après sa guérison « qualifiée de soudaine ». De même pour le cas de Philippe Sergent, également guéri au tombeau du diacre Pâris : « Sa main, sa cuisse et sa jambe, dit Carré de Montgeron, ne rengraissèrent pas dans le moment, mais elles reprirent seulement couleur de chair » (disparition des troubles vaso-moteurs). « J'ai vu revenir de sanctuaires en vogue, dit Charcot, des malades qui y avaient été envoyés avec mon consentement, n'ayant pu moi-même leur inspirer la *faith-healing.* J'ai examiné leurs membres atteints quelques jours auparavant de *paralysie* ou de *contracture*, et j'ai assisté à la disparition graduelle des stigmates sensitifs locaux qui persistent presque toujours quelque temps encore après la guérison de l'élément paralysie ou contracture. » Tous ces faits de troubles trophiques d'origine hystérique, *atrophie musculaire, œdème, tumeurs avec ulcérations*, s'expliquent par l'influence de la *faith-healing* sur des sujets spéciaux et dans des maladies spéciales.

Cf. Mendel, Berlin. klin. Wochenschr., 1887, 602 ; Ball, Encéph., 1881 ; Bock, Deutsche medicinalzeitung, 1886 ; Dawydoff, Kowalewsky's Arch. f. Psych., 1891 ; Worotynsky, Neurol. Centralbl., 1895, 534-542. Sur la surdité et la surdi-mutité hystériques, v. H. Francotte, *Surdimutité hystérique*, etc. Ann. de la Soc. médico-chirurg. de Liège, 1894 ; W. B. Ranson, *A case*

observa de la surdité verbale et de l'aphasie motrice associées au mutisme hystérique (1). Charcot établit la théorie de l'origine centrale du mutisme hystérique : il s'agit de paralysie psychique du centre verbal par auto-suggestion, car ce qu'a fait celle-ci une suggestion contraire peut le défaire : « La possibilité de faire naître artificiellement le syndrome *mutisme hystérique,* par voie de suggestion, nous paraît désigner suffisamment le point de départ de tous les phénomènes, enseignait Charcot, comme aussi elle fait soupçonner du même coup le mécanisme de leur développement ; c'est dans l'*écorce grise des hémisphères cérébraux*, je crois pouvoir l'admettre sans m'avancer trop, qu'il faut chercher la *lésion dynamique* d'où dérivent les symptômes dont il s'agit, et le mécanisme qu'il convient d'invoquer ici n'est autre que celui qui, suivant nous, rend compte de la production des paralysies dites *psychiques* ou *mentales,* si vous l'aimez mieux. Cette théorie, aujourd'hui fondée sur un nombre considérable de faits et d'expériences, est applicable à beaucoup d'affections hystériques, particulièrement à celles qui naissent sous l'influence d'une cause occasionnelle, telle qu'une violente émotion, un traumatisme. » (Œuvres, III, 438).

Ainsi, si le muet hystérique ne crie ni n'articule, c'est qu'il a perdu la mémoire des représentations motrices nécessaires pour la mise en jeu du mécanisme de l'appareil phonomoteur. Or les sièges de ces représentations, les aires fonctionnelles de la phonation et de l'articulation verbale, sont distincts et occupent dans l'écorce du cerveau antérieur des territoires spéciaux. Oppenheim, quelque divergentes que soient les idées qu'il professe au regard de celles de Charcot sur la nature des névroses traumatiques, arrive en somme à définir ces affections des « traumatismes psychiques » et à expliquer les paralysies fonctionnelles consécutives par une maladie cérébrale consistant dans l'effacement des images motrices, c'est-à-dire kinesthésiques, des mouvements correspondants.

On peut discuter sans doute sur la nature de ce trouble fonctionnel. C'est dans le fait même du choc traumatique ou moral (accidents de chemins de fer, peur, etc.), et en particulier dans les phénomènes sensitifs et moteurs qui se rattachent aux chocs psychiques, que Charcot a cherché le point de départ de l'auto-suggestion constituant tout le mécanisme des *paralysies hystéro-traumatiques*. « D'un côté, disait-il, la sensation de lourdeur, de pesanteur, d'absence du membre contusionné, et, de l'autre côté, la parésie qui ne manque pas d'exister toujours à un certain degré feront naître en quelque sorte tout naturellement l'*idée d'impuissance motrice du membre* ; et cette *idée,* en raison de l'*état mental* si particulièrement favorable à l'efficacité des suggestions, pourra acquérir, à la suite d'une sorte d'incubation, un développement considérable et se réaliser enfin objectivement sous la forme d'une paralysie complète, absolue. » Si toute idée ou représentation, à un certain degré d'intensité, est un mouvement ou l'arrêt d'un mouvement à l'état naissant (Bain), une émotion, une croyance, bref, une « idée », peut provoquer les troubles les plus graves de la sensibilité et de la motilité, tels que paralysies, contractures, algies, etc., ainsi que l'avait vu J. Russell Reynolds (1869) (2). Quant à la difficulté de traduire en termes anatomiques précis la nature

of functional Deaf-Mutism. Brit. med. Journ., 1895, 470 ; Dalby, *Hysterical (so called) and functional Deafness*, 189 ; W. J. van Dyck, *Hysterical (or functional) Deafness*, 1895 ; cas de Mendel, Gradenigo, etc.

(1) *Le Progrès médical*, 1886, n°s 7, 9, 10.

(2) *Remarks on paralysis and other disorders of motion and sensation, dependent on Idea.* Brit. med. Journ., nov 1869, 483-485. Cf. P. Berbez. *Hystérie et traumatisme. Paralysies, contractures, arthralgies hystéro-traumatiques.* Paris, 1887, p. 100, 105, 116. A. Eulenburg. *Ueber Astasie-Abasie bei Basedow'scher Krankheit.* Neurol. Centralbl., 1890, 706. Et surtout P. Blocq. *Les troubles de la marche dans les maladies nerveuses*, s. a., 16, 55.

des altérations de structure ou de texture des centres nerveux auxquelles ces troubles peuvent être rapportés comme à leurs causes, elle tient, ou plutôt elle tenait, comme l'a dit expressément A. Strümpell, à l'état tout à fait rudimentaire de notre connaissance des processus psychiques : « Aussi longtemps que nous ne pourrons nous faire aucune idée de la nature des phénomènes psychiques, toute intelligence quelque peu profonde des phénomènes hystériques nous sera fermée, car ces phénomènes relèvent entièrement du domaine psychique, ou mieux, psychophysique. Un phénomène hystérique, quel qu'il soit, n'est donc pas plus inexplicable que n'importe quel processus psychique. » Seulement, il ne l'est pas moins. Si les manifestations de notre activité psychique normale, si nos perceptions conscientes et inconscientes, l'association de nos idées, l'enchaînement de nos mouvements réflexes ou volontaires ne nous semblent point des « miracles » (*Wunder*), partant des faits extraordinaires et inexplicables, à l'égal des symptômes cliniques de l'hystérie, c'est que nous sommes accoutumés à ceux-là et que nous n'observons ceux-ci que de temps à autre, chez des sujets isolés (1). C'est donc au « domaine psychique » que Strümpell rapporte et les paralysies hystériques, différentes par le siège de la lésion fonctionnelle des paralysies organiques, et les convulsions et les anesthésies et les algies de cette grande névrose. L'hystérie et la neurasthénie lui semblent deux sœurs nées d'une « disposition psychique générale le plus souvent congénitale ». Autant dire, avec Briquet (*Traité de l'hystérie*, 1859, 517), que « l'hystérie est une maladie générale qui modifie l'organisme tout entier ». Les maladies dites fonctionnelles ne sont, en réalité, que des « altérations de la nutrition des tissus nerveux » (Gowers, 1885). Continuer à opposer les affections fonctionnelles aux affections organiques du système nerveux, c'est persévérer dans des errements depuis longtemps dénoncés, au dire aussi de Wernicke : « l'affection nerveuse fonctionnelle doit avoir elle aussi, dit-il, une cause, un substratum organique ; on peut ne l'avoir pas encore découvert; on n'a pas le droit de douter qu'il existe. Le tétanos, l'épilepsie ont passé autrefois pour des névroses. Toutes les maladies mentales auront un jour leurs causes organiques (*ihre organische Begründung*). » Rappelons enfin que Axenfeld, en son *Traité des névroses*, écrivait que là où l'anatomie pathologique n'a pu encore constater d'altérations matérielles, il serait téméraire d'affirmer qu'il n'en existe aucune : « Dût l'exploration cadavérique ne conduire qu'à des résultats négatifs, l'esprit se refuse à les admettre comme vrais (2). »

Worotynsky incline à rapporter le mutisme hystérique à des troubles vaso-moteurs de l'écorce. L. Löwenfeld compare les paralysies hystériques, qui apparaissent souvent après des attaques convulsives, aux paralysies postparoxystiques de l'épilepsie soit jacksonienne soit idiopathique. Ces effets des décharges convulsives dépendent-ils de l'épuisement des régions motrices où les décharges ont été en quelque sorte les plus bruyantes ou de l'état d'activité, dans ces circonstances critiques, des appareils d'arrêt? Löwenfeld en infère que si cette étiologie de la paralysie hystérique est vraie, on ne pourrait dire que cette affection dérive d'une sorte d'effacement transitoire des images mentales (*Vorstellungen*). Et si les syndromes de l'hystérie ne sont pas la suite d'affections psychiques ou mentales, d'autosuggestions, la suggestion ne saurait plus être considérée comme le seul remède de ces symptômes (3). Cette argumentation n'aurait, il nous semble, quelque valeur, que si l'on

---

(1) Adolp. Strümpell. *Antikritische Bemerkungen*. Neurol. Centralbl., 1887, 487-8. Cf. *Ueber die Entstehung und die Heilung von Krankheiten durch Vorstellungen*. Erlangen, 1892. *Ueber die traumatischen Neurosen*. Neurol. Centralbl., 1893, 318 sq.

(2) A. Axenfeld et Huchard. *Traité des névroses*, p. 7.

(3) L. Löwenfeld. *Hysterie und Suggestion*. Münchener medic. Wochenschr., 1894.

admettait encore l'existence de névroses et de psychoses *sine materia*. Quelle que soit la cause de cette impotence fonctionnelle, presque toujours *systématisée*, anémie aiguë, épuisement nerveux postparoxystique, dissociation ou désagrégation de la synthèse psychique par arrêt de développement congénital ou par lésions acquises (infections, intoxications) des neurones, et partant de leurs prolongements (dendrites, cylindraxes, collatérales), les symptômes seront toujours réductibles à un défaut des mécanismes de l'innervation supérieure, à un trouble des fonctions de l'écorce cérébrale en particulier. L'hystérie nous paraît donc, comme à CHARCOT, à PIERRE JANET (1), à PAUL BLOCQ (2), à SIGM. FREUD (3), « une maladie mentale », dont les principaux stigmates, déclarés ou latents, variés ou solitaires, se manifestent par des paralysies, des contractures, des convulsions, des catalepsies, par des anesthésies et des hyperesthésies de la sensibilité générale et spéciale, par des altérations de la nutrition. Les troubles de l'intelligence ne sauraient être naturellement séparés de leurs conditions organiques : la conscience, la mémoire, la volonté, etc., sont précisément de simples résultantes de la synergie anatomique et physiologique, de la « synthèse » fonctionnelle des différents territoires de projection et d'association de l'écorce du cerveau antérieur.

Tandis qu'il avait d'abord considéré le *mutisme hystérique* comme une interruption de conduction fonctionnelle du centre centrifuge du langage — donc comme une aphasie sous-corticale — BASTIAN admet aujourd'hui, en s'appuyant sur le cas de BANTI, une *lésion fonctionnelle du centre cortical* de BROCA. Il croit que, entre l'*aphonie hystérique* et l'*aphasie hystérique*, il n'existe qu'une différence de degré. Le centre de BROCA doit être constitué par un centre pour la parole chuchotée et par un centre pour la parole accompagnée de phonation, centres étroitement associés. Il pense donc, contrairement à CHARCOT, et d'accord avec WYLLIE, que, même dans le *chuchotement*, les cordes vocales du larynx ne laissent pas d'être aussi innervées. Enfin, et conformément aux idées qu'il a déjà exprimées à ce sujet, l'*aphasie* et l'*aphonie hystériques* doivent être rapportées à une affection fonctionnelle *bilatérale* du centre du langage ; il invoque à cet égard les expériences connues de SEMON et HORSLEY et de RISIEN RUSSEL (4).

En général, la symptomatologie des différentes formes de paralysie dépend de la localisation de la région affectée du système nerveux central. Pourquoi, demande BASTIAN, s'étonner que des maladies fonction-

---

(1) PIERRE JANET. *État mental des hystériques*. I. Les stigmates mentaux ; II. Les accidents mentaux. Paris, 1892 et 1894. « Si l'hystérie trouble la nutrition et toutes les fonctions physiologiques, elle trouble aussi les phénomènes psychologiques, qui sont l'une des fonctions de l'organisme. » I, p. 1.

(2) PAUL BLOCQ. *Études sur les maladies nerveuses*. Paris, 1894, 64 et suiv.

(3) SIGM. FREUD. *Quelques considérations sur une étude comparative des paralysies motrices organiques et hystériques*. Arch. de neurologie, 1893, n° 77. Dans les paralysies organiques, de cause cérébrale, le territoire privé de mouvements répond à la distribution anatomique des nerfs : dans les paralysies hystériques, il n'y a pas d'anatomie. Les lésions fonctionnelles sont systématiques. La dissociation est la règle dans l'hystérie.

(4) CHARLTON BASTIAN. *Hysterical mutism and other functional speech defects*. Lancet, 1897, 25 septembre.

nelles du névraxe simulent des maladies de nature organique? On a beaucoup entendu parler de l'hystérie comme de la grande simulatrice de toutes les maladies, de sa puissance extraordinaire de « neuromimesis », et « autres expressions métaphysiques ». Mais on s'est peu préoccupé jusqu'ici d'étudier les différents types de paralysies fonctionnelles proprement dites : « C'est une grave erreur d'user du mot *hystérique* comme synonyme de *fonctionnel*: l'un a une valeur spécifique, l'autre une valeur générique... Je ne suis nullement disposé à admettre que tout sujet affecté d'une hémianesthésie cérébrale, sans maladie organique du cerveau ni intoxication alcoolique ou saturnine, doive être regardé comme « hystérique » (1) ». Bastian n'admet pas plus de la moitié de ces cas comme étant d'origine hystérique. Il lui semble aussi excessif de considérer, avec Briquet (1859) et Charcot, l'hystérie comme une névrose due à la perversion de certaines fonctions du cerveau. Seuls, quelques-uns des cas de type cérébral devraient être appelés ainsi, quoiqu'il ne fût pas facile d'indiquer clairement les raisons d'une semblable division (2).

---

(1) Il est légitime de rappeler que Charcot n'avait pas attendu cette protestation, d'ailleurs si juste, de Bastian, pour réagir contre un courant qu'il connaissait bien et qui aurait fini par l'emporter, lui et les siens.

(2) Voici la division des paralysies fonctionnelles d'origine cérébrale et spinale proposée par Bastian :

Variétés.	*Caractéristique.*
I. — Paralysies fonctionnelles d'origine cérébrale	
1. Affection des centres kinesthésiques des aires rolandiques et marginales seulement.	Perte du *sens musculaire* avec paralysie motrice. Altération du *sens du toucher* avec trouble de la *faculté de localisation tactile*.
2. De même. En plus : lésion fonctionnelle du tiers postérieur du segment postérieur de la capsule interne.	De même. En plus : *hémianesthésie* plus ou moins complète. Paralysie flasque ou spastique.
3. Lésion fonctionnelle de la même région de la capsule interne uniquement.	Pas de paralysie motrice. *Hémianesthésie* plus ou moins complète, superficielle, ou superficielle et profonde, celle-ci impliquant la perte du *sens musculaire*.
4. Lésion fonctionnelle des fibres efférentes des centres kinesthésiques des aires rolandiques et marginales.	*Aphémie* ou *mutisme hystérique*. Au cas de paralysie purement motrice des membres, *point de perte du sens musculaire*.
II. — Paralysies fonctionnelles d'origine spinale	
5. Lésion des fibres du système pyramidal dans la moelle épinière.	Paralysie spastique accompagnée de perte du sens musculaire. Pas d'hémianesthésie cérébrale ni d'autres symptômes cérébraux.
6. Lésion des cornes antérieures dans certains segments de la moelle épinière.	Paralysie motrice flasque avec ou sans perte de sensation quelconque. Pas d'hémianesthésie, aucune perte notable du sens musculaire (à moins que la lésion ne soit pas limitée à la région des cornes antérieures).

Charcot a protesté, et jusqu'à la fin, contre la tendance à ressusciter une ancienne opinion de Briquet d'après laquelle, en présence d'une *hémianesthésie* très prononcée, totale, chez un sujet, il s'agirait presque *toujours* d'un hystérique. Sans doute, l'hémiplégie totale est un fait vraiment rare dans l'hémiplégie organique, déterminée, par exemple, par un foyer hémorragique intéressant, directement ou indirectement, la capsule interne (1). « Les observations de Ludwig Türck et les miennes propres, disait le maître, nous paraissent avoir démontré que *certaines lésions capsulaires peuvent produire une hémianesthésie tout à fait semblable à celle des hystériques.* » Et, présentant justement à la clinique un bel exemple d'hémianesthésie capsulaire, il rappelait les conditions dans lesquelles, suivant Türck et lui-même, l'*hémianesthésie sensitive* et *sensorielle* se produisent et se combinent à l'hémiplégie capsulaire : « C'est quand la lésion porte sur la partie la plus postérieure de la capsule interne, en arrière de la région où passe la partie cortico-crurale du faisceau pyramidal (*carrefour sensitif*). Cela, je l'ai dit il y a plus de vingt ans, complétant, à quelques égards, la formule de L. Türck. Je l'ai répété bien des fois depuis, et je me crois autorisé à le répéter encore aujourd'hui. Et j'ajouterai que cette *hémianesthésie capsulaire,* quand elle est accentuée, ne diffère en rien d'essentiel de l'hémianesthésie hystérique, et, en particulier pour ce qui concerne le champ visuel, ce n'est pas l'hémiopie qu'on observe en pareil cas, c'est l'amblyopie croisée, unilatérale ou double, absolument comme s'il s'agissait de l'hystérie. Ainsi, en présence d'une parésie avec hémianesthésie sensitivo-sensorielle, il y a lieu de se demander s'il s'agit d'hystérie ou au contraire d'une lésion capsulaire. »

David Ferrier a communiqué à la Société de médecine de Londres, rappelait Charcot à cette occasion, trois cas d'hémianesthésie ressemblant de tous points à celle qu'on observe chez les hystériques : cependant on avait trouvé des lésions occupant le carrefour sensitif à la partie postérieure de la capsule interne. Ces lésions étaient de date ancienne ; dans un cas de Dejerine (hémiplégie à début brusque avec hémianesthésie sensitivo-sensorielle du côté paralysé), le foyer hémorragique, récent, occupait la partie la plus postérieure de la capsule interne. « En réalité, si l'hémianesthésie sensorielle et sensitive n'est pas observée plus communément dans l'hémiplégie *capsulaire,* c'est que les foyers *cérébraux* d'hémorragie ou de ramollissement siègent très rarement sur les parties correspondant au *carrefour sensitif.* »

---

(1) Charcot. *Leçons du mardi à la Salpêtrière. Policlinique*, 1887-1888, I, 1892, 209, 2e éd.

mentale de l'écorce, de l'autre ». BASTIAN n'y contredit pas. Il reconnaît que l'excitation électrique constitue, en réalité, un stimulus différent de celui qui part de l'écorce durant une action volontaire. Les cas de paralysie fonctionnelle d'origine cérébrale permettent d'entrevoir combien sont en quelque sorte « subtiles » les conditions déterminantes de ces états des centres nerveux puisque, chez le même sujet, et à des moments qui peuvent se succéder sans interruption, une paralysie complète des extrémités peut apparaître ou disparaître avec l'occlusion ou l'ouverture des paupières. Enfin BASTIAN a bien mis en lumière ce fait capital, dont l'interprétation physiologique avait d'abord paru favorable à l'hypothèse de MOTT et SHERRINGTON : si, dans ces expériences, la paralysie augmentait de la racine des membres aux extrémités, et était le plus marquée dans les « doigts », tandis que les « mouvements associés », les mouvements d'ensemble, les réflexes communs de défense et de protection étaient le moins altérés, c'est que l'innervation centrale des mouvements volontaires les plus différenciés des membres antérieurs éprouvait le plus de difficulté à se réaliser au moyen de centres moteurs spinaux dont l'excitabilité avait été si fort abaissée par la section des racines postérieures correspondantes.

La sphère sensitive de HERMANN MUNK. — Nature des troubles de la sensibilité générale et de la motilité volontaire. — La doctrine de la *sphère sensitive (Fühlsphäre)* de MUNK peut être considérée comme une synthèse des idées de HITZIG, de SCHIFF et de NOTHNAGEL sur la nature des fonctions de la zone motrice : il la divise en régions dont la destruction est suivie d'anesthésies dans les parties opposées du corps qui ont, dans ces régions, leur centre cortical d'innervation. Comme les autres centres ou sphères de la sensibilité spéciale, la sphère sensitive est donc composée de centres où les impressions de la sensibilité générale, avec leurs divers modes, sont perçues, associées et conservées sous forme d'images. La « sphère sensitive », disons mieux, les « sphères sensitives » sont le siège de la mémoire de ces images, comme la sphère de la vision mentale est le siège des images visuelles, comme la sphère de l'audition mentale est le siège des images auditives, etc. Après avoir déterminé expérimentalement les rapports des diverses régions du corps — telles que celles des *bras* et des *jambes*, de la *tête*, des *yeux*, des *oreilles*, de la *nuque*, du *tronc*, — avec les différents points de l'écorce du cerveau, MUNK constitua cette « sphère sensitive » qui comprend les circonvolutions *frontales*, *rolandiques* et *pariétales*, région du manteau qui coïncide précisément en grande partie avec l'ancienne zone motrice, mais avec une extension considérable.

Quant à la nature des troubles de la sensibilité générale observés dans ses expériences, MUNK, dissociant en psychologue exercé les différents modes de cette sensibilité, a distingué : 1° la perte des idées ou *images* (*Vorstellungen*) de *contact* et de *pression*, et aussi de *température*, nées des *sensations* élémentaires et des *perceptions cutanées* ; 2° la perte des notions de *localisation* et de *situation dans l'espace* (*Lagevorstellungen*) des parties du corps, dérivant à la fois des *sensations cutanées* et des *sensations musculaires* et *articulaires* ; 3° et 4° la perte des *images tactiles* et des *images motrices* (*Tast-und Bewegungsvorstellungen*), nées de l'association du *sentiment de l'innervation* avec les *sensations musculaires et cutanées* : c'est par ces images ou représentations que nous avons conscience des formes et de l'étendue, ainsi que des mouvements actifs ou passifs de notre corps. Il ressort déjà de cette simple esquisse que les *troubles de la motilité volontaire* doivent être attribués, selon MUNK, à la perte des notions de la *situation* des parties du corps dans l'espace et des images qui résultent des impressions *tactiles* et *motrices*. Car ces images de la sensibilité générale sont bien nées des sensations et des perceptions de même nature, projetées dans l'écorce cérébrale, et leurs souvenirs (*Erinnerungsbilder*) persistent, à l'état latent, dans l'écorce, de sorte que toute lésion destructive des sphères sensitives du *cortex cerebri* (*Fühlsphaeren der Grosshirnrinde*) déterminera des troubles correspondants de la motilité (parésie, paralysie) par la perte de la mémoire de ces images.

Les troubles du mouvement volontaire ne sont qu'un des modes de *l'anesthésie*.

Les *paralysies d'origine corticale* ne sont que la suite de l'effacement ou de la perte des images qui représentaient pour la conscience, sous forme de signes ou de symboles de nature sensitive, l'existence, la situation et les différents ajustements musculaires de la partie paralysée.

Comme pour l'audition et la vision, MUNK a distingué une *paralysie psychique* de la *sensibilité* et du *mouvement*, correspondant à une perte partielle des représentations sensitives (*Gefühlsvorstellungen*), et une *paralysie corticale* des mêmes propriétés du système nerveux central, qui suit fatalement la destruction totale des sphères sensitives de l'écorce du cerveau antérieur.

De centres moteurs ou psycho-moteurs, il n'en existe pas dans l'écorce cérébrale : seules, les images motrices, dont tous les éléments sont de nature purement sensitive, sont les causes des mouvements appelés volontaires.

Il n'y a en effet dans l'écorce que des sensations, des perceptions et des représentations. C'est donc ainsi qu'il faut entendre, avec MEYNERT et avec WERNICKE, que les représentations ou images motrices sont les

causes des mouvements volontaires : dès que l'image, évoquée par voie d'association, atteint le degré d'intensité suffisant, le mouvement se manifeste de toute nécessité, s'il n'est point par ailleurs inhibé : sa puissance, son étendue, le haut degré de sa différenciation ne dépendent pas seulement de l'état des voies nerveuses, lesquelles peuvent être plus ou moins frayées, mais de la force des décharges nerveuses et du nombre des neurones associés dans le processus. « Volonté », « mouvement volontaire » (*Wille, willkürliche Bewegung*), avec siège et origine dans l'écorce cérébrale sont, à la vérité, dit Munk, des façons de parler très commodes ; elles peuvent être utiles en ce sens : mais ces mots n'ont point, en fait, de base physiologique (1).

Il faut en dire autant de l'*intelligence*, de la *conscience* et de l'*inconscience*. Le lieu de l'intelligence est l'écorce cérébrale tout entière ; les lésions de l'intelligence dépendent, quant à l'*intensité* et à la *durée*, de l'étendue des territoires corticaux dégénérés ou atrophiés, et, quant à la *nature*, du *siège* de l'altération fonctionnelle ou organique. Les destructions partielles ou générales de l'écorce diminuent d'autant le champ de la conscience et de l'intelligence, lesquelles peuvent sombrer tout à fait, avec la perte de leur substratum, dans la démence et l'inconscience.

Hermann Munk, tenant pour suffisamment assurée, tant au point de vue de l'expérimentation physiologique qu'à celui de l'observation clinique, notre connaissance actuelle des centres de l'audition et de la vision mentales, a publié, de 1892 à 1896, une série d'importants mémoires sur les *Sphères sensitives de l'écorce du cerveau* (2). C'est que l'étude de ce domaine de la physiologie cérébrale est encore très obscure, ou du moins très obscurcie par le manque d'entente entre les expérimentateurs touchant les conditions et l'interprétation exacte des expériences. Il s'agit de recherches absolument nouvelles que Munk n'entend rattacher ni à ses communications antérieures, ni à d'autres travaux sur le même sujet. Pour l'histoire critique de la question, Munk renvoie à notre livre (3).

Les expériences d'extirpation (ablation au couteau) ont porté sur des singes et sur des chiens, dont la guérison avait lieu *per primam* huit ou douze jours après l'opération et qui restaient en état de santé jusqu'à la mort. Les limites du champ opératoire étaient, sur les faces externe et interne du cerveau, celles mêmes des sphères sensitives de Munk : *Région*

---

(1) Hermann Munk. *Ueber die Functionen der Grosshirnrinde*, 2e éd. Berlin, 1890, 40.

(2) *Ueber die Fühlsphaeren der Grosshirnrinde*. Sitzungsb. der K. Preuss. Akad. der Wissench. zu Berlin, 1892-96 ; cf. Verhandl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin. Iahrg. 1894-96.

(3) J. Soury. *Les Fonctions du cerveau*. Paris, 1892, 2e éd.

de la tête (E), *Région du cou ou de la nuque* (H), *Région de l'extrémité supérieure ou antérieure* (D), *Région de l'extrémité inférieure et postérieure* (C). (fig. 17-20).

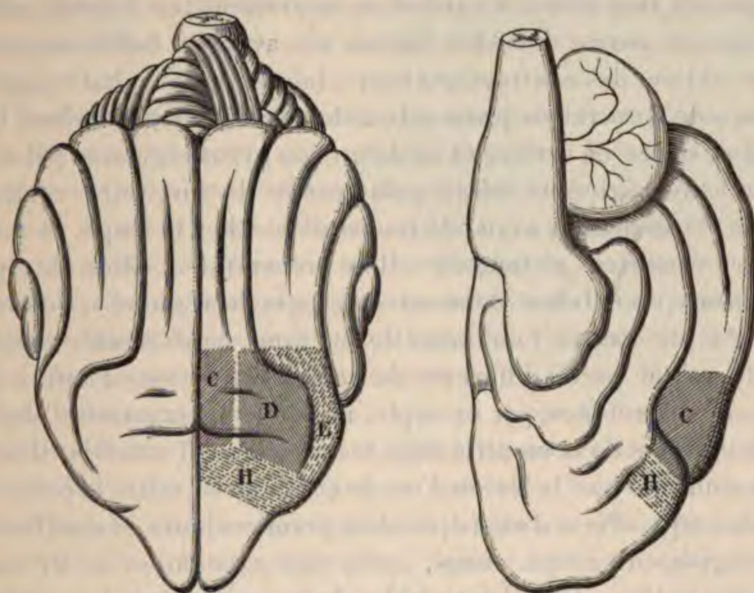


Fig. 17-18.

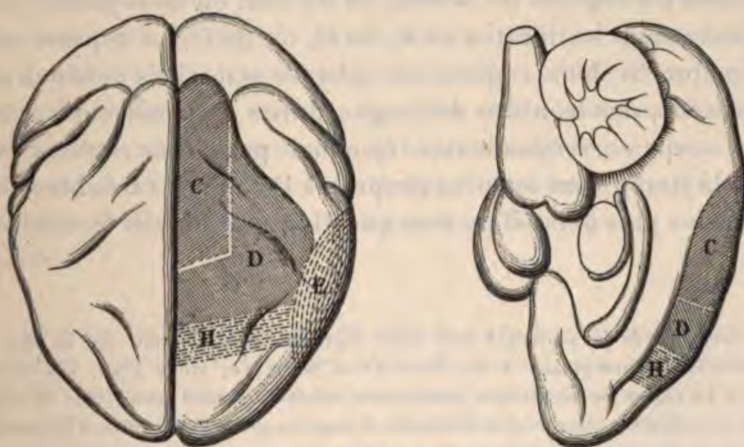


Fig. 19-20.

Aires corticales de la sphère sensitive du corps. — Écorce cérébrale du chien (fig. 17-18) et du singe (fig. 19-20). Faces externe et interne.

C, région des extrémités inférieures ou postérieures. — *D*, région des extrémités supérieures ou antérieures. — *E*, région de la tête. — *H*, région du cou ou de la nuque.

Voici, sur le cerveau du chien et sur celui du singe, la topographie des régions que Munk a dénommées « sensitives » (*Gefühlsphäre*). Elles

correspondent à toutes les parties de l'organisme qui s'y réfléchissent, en quelque sorte, et qui s'y trouvent représentées (1).

Ce territoire cortical correspond, sur la face externe, chez le chien, au gyrus sigmoïde tout entier, c'est-à-dire, en arrière et en dehors, aussi bien qu'en avant, un peu au delà des limites où, avec un faible courant électrique, on obtient des contractions musculaires : les résultats négatifs des expériences de Bechterew provenaient de ce qu'il n'a pas enlevé l'écorce de la région située en arrière et en dehors du gyrus sigmoïde ; il avait cru à tort que cette région ne faisait point partie du territoire cortical des extrémités ; l'extirpation avait été incomplète. Chez le singe, le territoire des sphères sensitives s'étend du sillon précentral au sillon intrapariétal et à la scissure de Sylvius. Dans cet « agrégat de régions », comme s'exprime Munk, de nature fonctionnelle au fond équivalente, chacune ne commande qu'une partie différente du corps. Les lésions d'autres régions que celles des extrémités, par exemple, ne déterminent jamais d'altérations de la sensibilité et de la motilité dans les membres. Toutefois, il est d'observation courante que la lésion d'un de ces centres, outre le point correspondant du corps, affecte d'abord, dans les premiers jours, et simultanément, d'autres régions du corps. Ainsi, après une extirpation de D, en même temps qu'il existe toujours des troubles de la motilité et de la sensibilité de l'extrémité supérieure opposée, des troubles du même genre peuvent se montrer dans les régions de la tête, ou du cou, ou de la jambe, surtout si l'extirpation atteint les limites de E, de H, ou de C, ou dépasse même un peu ces limites. Si deux régions ou sphères sensitives voisines sont à la fois intéressées, des troubles de longue durée apparaissent sur les deux parties du corps correspondantes. Comme, parmi ces régions, celles du bras et de la jambe sont les plus propres à l'étude, les troubles des extrémités étant les plus nets, il ne sera question que de ces territoires corti-

---

(1) Ces fonctions de la sensibilité sont aussi représentées, on le voit, sur la face interne de la F^1 ou circonvolution marginale. Avant Horsley et Schaefer, Munk avait, dès 1878, indiqué ces régions. « La région des extrémités postérieures, disait-il, s'étend aussi, chez le singe comme chez le chien, *sur la face interne de l'hémisphère* jusqu'au *gyrus fornicatus*. J'ignore si la même chose existe pour l'extrémité antérieure de la région des membres antérieurs du singe ; ce n'est sûrement pas le cas pour le chien. Cette dernière région ne s'étend pas aussi loin que je l'avais indiqué, jusqu'à la *fissura longitudinalis* ; mais, entre l'extrémité interne de sa moitié antérieure et le *gyrus fornicatus* existe, sur la face supérieure et *interne* des hémisphères, la sixième région de la sphère sensitive (*Fühlsphäre*) du chien, la région de la nuque. » Ce serait à tort, selon Munk, que les auteurs anglais ont localisé sur cette circonvolution marginale les centres du tronc entre ceux des bras et des jambes. Néanmoins, on doit rendre hommage aux beaux travaux de ces auteurs sur cette région du lobe frontal, qu'ils croyaient être d'ailleurs, avec Ferrier, de nature purement motrice. Les mouvements du tronc et des extrémités des deux côtés du corps seraient surtout représentés dans chaque circonvolution marginale.

caux; MUNK les désigne du nom de *régions des extrémités*. Pour bien apprécier la nature des troubles consécutifs à l'ablation de ces régions, il importe de ne pas confondre, comme l'a fait GOLTZ, les sensations proprement dites (*Sinnesempfindungen*), telles que celles de pression ou de contact (sensibilité tactile), avec la sensibilité générale (*Gemeinempfindlichkeit*).

Par la destruction des régions des extrémités, le chien perd pour toujours les sensations, les perceptions, et partant les représentations ou images-souvenirs qui en résultent, de pression et de contact. A cet égard, les sphères sensitives sont, de tous points, comparables à celles de la vision ou de l'audition. Comme pour ces sphères, l'excitation des divers points des territoires corticaux de la sensibilité du corps peut déterminer des mouvements réflexes appropriés dans les extrémités, le tronc ou la face. Mais la comparaison peut être poussée plus loin. MUNK a distingué un *réflexe rétinien,* qui se produit encore après l'ablation du cerveau, par l'intermédiaire des centres optiques sous-corticaux, et un *réflexe de la vision* (*Sehreflex*) qui implique, au contraire, l'existence de la sphère visuelle. Pour les sphères sensitives, il existe des *réflexes de contact,* etc., par exemple, dont l'extirpation des régions corticales des extrémités entraîne la perte, et qu'on peut rapprocher des réflexes de la vision, et des *réflexes communs,* que la destruction des mêmes régions n'abolit point, et qui correspondent aux réflexes rétiniens. Et, de même que les *réflexes de la vision* ont été distingués par MUNK en réflexes *innés* et *acquis,* il a reconnu dans les *réflexes communs* (*Gemeinreflexe, Fühlreflexe*) des réflexes *innés,* dans les *réflexes de contact,* etc., des réflexes *acquis*. La sensibilité générale, la douleur, par exemple, quoique modifiée, se conserverait sur les extrémités dont les sensations tactiles (contact, pression, etc.) sont pour toujours abolies du fait de l'extirpation des régions corticales correspondantes.

Si, sur un chien dont ces régions ont été enlevées à gauche, on comprime dans les mors de petites pinces à pression la peau des extrémités droites, cette compression finit par déterminer des symptômes très nets de douleur (gémissements, cris, mouvements violents): mais, si l'animal a les yeux bandés, il ne sait où localiser, à droite, la cause de sa douleur, les sensations tactiles, toujours accompagnées de leurs signes locaux, faisant maintenant défaut. Les réactions à la douleur sont bien moins vives dans les premiers temps qui suivent l'opération que plus tard. Le retour de ce mode de sensibilité générale a fait croire que cet affaiblissement passager de la douleur n'était pas tant la conséquence de la destruction des points extirpés que celle du trouble consécutif apporté à d'autres parties centrales. C'était, pour GOLTZ, l'effet d'un phénomène d'arrêt, dû au traumatisme opératoire, phénomène qu'une lésion étendue de l'écorce peut provoquer à distance, non seulement dans le cerveau moyen et le cervelet, mais dans la moelle allongée et la moelle épinière. Voici comment HERMANN MUNK explique la diminution très accusée de la douleur observée après

l'extirpation totale des régions des extrémités et l'augmentation progressive de ce mode de sensibilité dans les membres du côté opposé à la lésion. Puisque, après la perte des régions des extrémités, le chien n'a point perdu d'une manière définitive, tout au contraire, la sensibilité à la douleur (*Schmerzempfindlichkeit*), il suit que l'existence de ces sensations n'est pas liée absolument à celle des régions considérées. D'autre part, les profondes modifications notées dans l'expression de ces sensations après la lésion destructive des centres corticaux des extrémités, sans que ni la tête, ni le cou, ni le tronc de l'animal aient participé à cette douleur, impliquent que les sensations douloureuses des extrémités ne sont point sans rapport avec les régions corticales des membres. Pour expliquer ces deux faits, on doit admettre qu'il existe quelque part, ailleurs que dans l'écorce, un centre nerveux capable de suppléer, quoique d'une manière incomplète, puisque la sensation de douleur demeure toujours bien moins intense qu'à l'état normal, les régions des extrémités. Selon Munk, il n'y a guère d'apparence qu'on se trompe si l'on considère ces mêmes régions pour le siège exclusif, à l'état normal, des sensations de douleur des extrémités, encore qu'il soit impossible de l'affirmer. Que la suppléance dont il s'agit n'ait point lieu dans les régions homologues de l'autre hémisphère, c'est ce qui résulte de l'observation qu'après l'extirpation bilatérale des régions des extrémités, la sensibilité à la douleur revient également, peut-être avec plus de lenteur. Pourtant, si l'une des deux régions est conservée, elle paraît jouer un rôle notable dans la suppléance. Peut-être aussi toute sensation de douleur est-elle associée à un *signe local* aussi grossier et obscur que celui que possèdent les sensations douloureuses des os et des viscères : l'extirpation des régions des extrémités abolirait ces signes locaux sur les membres du côté opposé. Où et comment se produisent, dans les sphères sensitives de l'écorce, les sensations de douleur des différentes parties du corps ? Les expériences, dit Munk, ne nous l'apprennent pas.

Ces expériences ne sont pas, toutefois, dit-il, opposées à la doctrine suivant laquelle les impressions tactiles et douloureuses de la peau arriveraient au cerveau par des voies différentes de la moelle épinière, car les voies des cordons postérieurs et celles de la substance grise de la moelle épinière peuvent aboutir en un même point de l'écorce cérébrale. Munk ne croit pas ici ses expériences inconciliables avec ceux des résultats de l'étude consacrée par Goltz au chien sans cerveau qui font mention de « sensations et de dispositions émotionnelles », telles que douleur, colère, etc. « Cette manière de voir suppose qu'il existe dans les parties du système nerveux central situées derrière le cerveau une sorte de conscience inférieure, dont non seulement nous n'avons aucune connaissance, mais dont nous ne pouvons nous faire aucune idée (*Vorstellung*), si bien qu'on ne saurait ni en prouver ni en contester la réalité, ainsi que nous l'ont suffisamment appris depuis longtemps les discussions sur « l'âme de la moelle épinière ». Mais celui qui admet cette hypothèse devrait voir dans tout réflexe, même dans le réflexe lumineux des pupilles, la manifestation de sensations, d'impressions perçues. Dans les sensations de douleur, que nous considérons, il s'agit toujours, au contraire, de phénomènes de la conscience que nous connaissons. Et les observations dé-

montrent, sans doute possible, qu'en attribuant au cerveau ces sensations de douleur, on ne tombe pas dans une illusion.

Chez le singe, les effets de l'extirpation totale des régions des extrémités ne diffèrent point de ceux observés chez le chien. MUNK comprimait les doigts et les orteils des extrémités opposées, tandis que l'attention du singe était détournée, parce que l'occlusion des yeux excite et dispose toujours très mal ces animaux. L'ablation ayant eu lieu à gauche, comme toujours, le singe enlevait la pince du pied gauche avec la main gauche, et se débarrassait de celle qui comprimait sa main gauche avec la bouche, et cela fort habilement. Mais les pinces placées à la main et au pied droit, le singe finissait par ne plus y prendre garde : ce n'est que lorsqu'il les voyait qu'il les enlevait avec la main gauche. Pendant longtemps la pince ne causait jamais de douleur au singe, sans aucun doute à cause de la moindre sensibilité à la douleur de la peau de cet animal au regard de celle du chien. Comment concilier ce fait avec ce que soutient FERRIER, depuis 1875, que les lésions du « territoire moteur cortical » n'entraînent chez le singe aucun trouble de *sensibilité*? Les expériences répétées de FERRIER et de ses élèves n'ont été, sur ce domaine, ni systématiques ni rigoureuses. Outre que la distinction des sensations de contact, etc., et de douleur n'a pas plus préoccupé ces auteurs que FRÉDÉRIC GOLTZ, les lésions n'ont jamais été assez étendues pour provoquer, avec les troubles du mouvement, ceux de la sensibilité : dans ces expériences sur le singe, les auteurs anglais ont précisément commis la même erreur que celle où est tombé BECHTEREW dans les mêmes expériences sur le chien.

Après l'extirpation totale des régions des extrémités, à gauche, par exemple, chez le singe, les membres du côté opposé pendent sans mouvement le long du tronc et conservent la position qu'on leur donne. De tous les mouvements isolés, indépendants, ajustés en vue des actes volontaires, que le bras et la jambe, avec leurs divers segments, exécutaient chez l'animal normal, il ne reste plus trace, et pour toujours. Comme le chien, quand l'extirpation a été *bilatérale,* c'est exclusivement avec la bouche que le singe non seulement prend sa nourriture, mais va à la chasse des parasites sur la peau de ses camarades, opération qu'il accomplissait si prestement auparavant avec la main ; les deux extrémités antérieures sont maintenant inactives. Les seuls mouvements qui persistent sont des mouvements associés ou d'ensemble, des réflexes communs, des réflexes sous-corticaux et spinaux, dont les centres peuvent toujours continuer à produire des mouvements des extrémités sans la participation du cerveau. Mais ces mouvements, marcher, courir, grimper, etc., s'exécutent sans l'accompagnement des processus psychiques correspondants.

Aussi bien, même quand les régions corticales des extrémités existent, le *réflexe cortical* qui détermine les mouvements des membres demeure certainement le plus souvent au-dessous du seuil de la conscience : ces régions n'interviennent que pour les mouvements isolés, indépendants, et, comme on dit, spontanés ou volontaires, des divers segments des extrémités opposées. Ce sont ces derniers mouvements qui sont pour toujours perdus. Les régions corticales des extrémités, les « sphères sensitives », dont l'excitation détermine ces mouvements isolés des extrémités, sont en effet le territoire de projection des centres sensitifs de la moelle épinière en rapport avec ces extrémités : là montent, entre autres, par les faisceaux sensitifs, les impressions de contact et de pression. De leur côté, les régions corticales des extrémités ne laissent pas d'être en connexion, par des voies de conduction spéciale, à direction centrifuge, avec les centres réflexes de la moelle

épinière des extrémités opposées qu'elles excitent. Avant l'extirpation des régions des extrémités, les mouvements isolés, indépendants, des divers segments des membres pouvaient même avoir lieu sans qu'aucune impression tactile (contact, etc.) les eût provoqués : la vue d'une cerise, l'appel du nom de l'animal, suffisaient pour produire les excitations des centres moteurs spinaux dont les décharges nerveuses mettaient en œuvre la contractilité musculaire des organes de préhension, de palpation, etc., l'excitation des régions corticales des extrémités pouvant être éveillée par des perceptions ou des représentations venues des points les plus différents du cerveau.

Les mouvements associés ou d'ensemble (*Gemeinschaftsbewegungen*), c'est-à-dire ceux qui s'accomplissent en même temps que d'autres, ou successivement, — marcher, courir, sauter, se dresser, grimper, etc., — dépendent, suivant MUNK, de centres (*Principalcentren*) situés, dans le cerveau, au-dessous de l'écorce cérébrale (*unterhalb der Grosshirnrinde*), entre l'écorce et la moelle épinière, lesquels envoient des fibres centrifuges aux centres spinaux des extrémités. Ces centres sous-corticaux existent également, comme le prouvent sans réplique les phénomènes de la vie de relation observés après l'extirpation des hémisphères du cerveau (GOLTZ), chez d'autres mammifères que le singe, et par exemple chez les rats, les cobayes, les lapins, les chiens. Avant leur destruction, les régions corticales des extrémités exerçaient par l'intermédiaire de ces centres sous-corticaux une influence régulatrice sur les extrémités opposées. Ces centres réflexes sous-corticaux n'étant en rapport direct qu'avec les centres médullaires des segments des membres supérieurs, ce n'est que médiatement, au moyen de ces derniers centres, que les centres spinaux des membres inférieurs, nécessaires pour la coordination des mouvements peu différenciés de la marche, du saut, etc., peuvent être excités. A ces « mouvements secondaires » des extrémités, à ces mouvements associés ou d'ensemble (*Mitbewegungen*), manque désormais la régulation qui, à l'état normal du cerveau, dérivait des régions corticales des extrémités.

Comme les réflexes communs des extrémités, purement spinaux, les réflexes sous-corticaux subissent, et *a fortiori*, le contre-coup de l'extirpation totale des régions corticales des extrémités. Aussi les mouvements d'ensemble des extrémités déterminés par l'excitation de ces centres, qui subsistent après la destruction des régions des extrémités, sont-ils évidemment altérés : les centres de la moelle épinière, au lieu d'être excités par les régions des extrémités opposées, ne peuvent plus l'être, en effet, que par les centres corticaux de même nature du côté correspondant. Si, au lieu d'extirper les régions des extrémités du cerveau gauche, comme d'ordinaire, on enlève celles du cerveau droit, la sensibilité et la motilité sont abolies sur les extrémités gauches exactement comme elles le sont du côté droit après la même opération du cerveau gauche : les sensations

de contact et de pression ont disparu avec les réflexes de contact, et d'une façon permanente. Seule, la sensibilité à la douleur, d'abord très diminuée, augmente avec le temps, et reparaît au bout de quelques semaines. Il en est de même pour l'excitabilité des *réflexes communs* de la moelle épinière : ils sont conservés, mais leur excitabilité est abaissée, et le retour de leur activité n'a lieu que progressivement ; la maladresse persiste, surtout dans les mouvements des membres inférieurs : toute lésion destructive de l'écorce cérébrale des régions des extrémités diminue l'excitabilité des *centres spinaux* des extrémités opposées (MUNK).

Quand l'extirpation des régions des extrémités a été unilatérale, si tout mouvement isolé, toute action indépendante exécutée avec les divers segments des extrémités du côté opposé sont pour toujours abolis, des mouvements associés ou d'ensemble, des « mouvements secondaires », réflexes sous-corticaux ou spinaux, peuvent encore s'accomplir (*Principalbewegungen* de MUNK) : ce sont ces mouvements secondaires que GOLTZ a confondus avec les mouvements primitifs qui, suivant lui, pourraient réapparaître après la disparition des phénomènes d'inhibition consécutifs aux traumatismes opératoires de l'écorce du cerveau. Dans ses premières expériences, GOLTZ avait d'abord noté au nombre des troubles persistants, ne s'amendant pas, bref, des phénomènes de déficit, consécutifs aux lésions destructives d'un hémisphère cérébral, de l'hémisphère gauche, par exemple, que, si un chien savait auparavant présenter la patte droite, il ne présentait plus que la gauche. Dans quelques cas, ajoutait-il, il réapprend à donner la patte droite, mais il lui est toujours plus commode de tendre la gauche. « Si, en le flattant, et en lui touchant la patte droite, je demande au chien de me tendre cette patte, je puis très nettement constater par l'expression de son visage qu'il comprend mon ordre, et si, à la fin, comme en désespoir de cause, il me présente la patte gauche, je vois bien que l'animal a la meilleure volonté de me satisfaire, mais il lui est impossible de faire ce qui lui est ordonné. Entre l'organe de la volonté et les nerfs qui exécutent la volonté, une résistance insurmontable s'est quelque part élevée. » Dans le sixième de ses *Mémoires* (1888), GOLTZ dit d'un chien qui avait, depuis plus d'un an, subi l'ablation d'une moitié entière du cerveau (hémisphère gauche) : « La patte antérieure droite est moins habile que la gauche dans la préhension d'un os ; elle est moins forte. Le chien doit déployer un plus grand effort pour mettre en activité les muscles des membres, de la face et du tronc du côté droit ; la sensibilité est diminuée sur tout le côté droit du corps, sans qu'aucun point de la peau soit d'ailleurs insensible. Si l'on explore la sensibilité générale (au moyen de la poire en caoutchouc), à droite le chien ne sent rien ; c'est le contraire à gauche. Il laisse pendre sa patte droite dans l'eau froide ; il la retire à

gauche. » Il semble qu'à ce moment Goltz n'ait pas douté que l'ablation de l'hémisphère gauche n'eût provoqué des troubles *durables* des mouvements et de la sensibilité du côté droit du corps.

Quand, deux ou trois mois après l'opération, c'est-à-dire après l'extirpation unilatérale des « régions des extrémités » à gauche, l'excitabilité des *centres spinaux* de l'extrémité antérieure droite du chien a reparu peu à peu, l'excitation de ces centres de la moelle épinière par ceux du côté correspondant ou homolatéral (gauche) permet la production, avec le membre antérieur droit, de certains « mouvements secondaires » ; on note que, par le fait de la répétition, ces mouvements deviennent, dans de certaines limites, mieux ajustés et plus étendus, tandis que les mouvements simultanés de l'extrémité gauche, laquelle est intacte, deviennent plus faibles. Munk attribue le premier de ces deux phénomènes à ce que la transmission, par une voie nerveuse non habituelle, d'abord mal « frayée », de l'excitation partie des « régions droites des extrémités » pour aller aux centres de la moelle épinière de l'extrémité antérieure droite, rencontre toujours moins de résistance avec la répétition de l'acte. Le second fait, Munk l'explique par la diminution progressive des mouvements superflus de l'extrémité antérieure gauche, due au pouvoir croissant qu'exercent les « régions droites des extrémités » sur le membre antérieur droit par l'intermédiaire des centres de la moelle épinière de l'extrémité gauche. Ainsi, au cas où le chien avait été dressé à tendre les deux pattes antérieures, il perd pour toujours cette faculté après une destruction bilatérale des « zones motrices » ; si la destruction n'a été qu'unilatérale, il ne perd cette faculté que pour la patte du côté opposé. Or, au dire de Goltz, il pourrait plus tard recouvrer cette faculté. En réalité, Munk l'a démontré, il ne s'agit plus d'un mouvement isolé, indépendant, mais d'un « mouvement secondaire ». Quand le chien commence à tendre la patte droite dont tout le centre cortical gauche a été détruit, l'extrémité gauche se lève ou s'avance *avant* que l'extrémité droite ne soit levée. Chaque fois que l'animal met en mouvement la patte droite, on sent une forte tension des muscles de l'extrémité gauche. Plus tard, avec le temps et la répétition des mêmes actes, ce dernier phénomène peut diminuer d'intensité ou du moins ne se manifester plus avec la même évidence. La simplicité rudimentaire en quelque sorte d'un pareil mouvement (le *secundäre Pfotegeben*), où les orteils n'ont aucune part, explique qu'il soit moins imparfait qu'aucun autre « mouvement secondaire », tel que celui de l'élévation d'une extrémité postérieure paralysée dans l'acte d'uriner chez le chien mâle : les centres spinaux de l'extrémité lésée sont excités par ceux de l'autre extrémité postérieure ou par les centres du tronc. Ces « mouvements secondaires » ont été trouvés, par Munk, plus ou moins parfaits

chez les différents animaux : chez certains chiens ils ne se réalisent jamais, sans que cela dépende d'ailleurs du dressage antérieur de l'animal. Ces *réflexes communs,* que l'on observe aussi bien chez les singes que chez les chiens dans les extrémités opposées à la lésion destructive des régions corticales de ces membres, demeurent, selon nous, un critère des plus délicats et des plus exacts, découvert par la physiologie expérimentale, pour l'analyse des fonctions supérieures des centres corticaux, sous-corticaux et spinaux du névraxe.

La doctrine de la *nature purement motrice* des fonctions de la *sphère sensitive* de Munk a vécu, même en Angleterre (1). Les troubles qui résultent des lésions de cette grande province du cerveau, ce sont des *anesthésies,* des *hyperesthésies* ou des *paresthésies tactiles*; là sont localisés tous les modes connus de la sensibilité générale, y compris la *thermo-esthésie,* la *douleur,* etc. (Dessoir) (2). *L'écorce du lobe pariétal est la sphère sensitive du cerveau,* comme celle du *lobe occipital* et celle du *lobe temporal* sont les sphères de la *vision* et de l'*audition* mentales. Pour le premier sens de l'espace, la sensibilité tactile, comme pour l'autre, la vision (car tous les sens spéciaux se sont différenciés de la sensibilité cutanée), des rapports stables et déterminés, développés au cours de l'évolution phylogénique, existent entre la périphérie du corps et l'écorce du cerveau antérieur. Ces rapports sont circonscrits, fixes et définis : l'extirpation de la « région de la tête », par exemple, chez le chien ou chez le singe, n'altère en aucune façon l'innervation corticale des extrémités ; seule la moitié de la tête opposée au siège

(1) Cf. F. W. Mott. *The sensory motor Functions of the central convolutions of the cerebral cortex.* Journ. of Phys., t. XV, p. 464.

(2) Les sensations sont les signes des phénomènes du monde extérieur et intérieur. Psychologiquement, une sensation est l acte de sentir. Toute sensation est accompagnée d'un ton affectif (*Gefühlston*), plaisir ou douleur, qui l'accompagne, comme l'ombre fait le corps. Si l'on sépare la perception de la sensation, celle-ci sera une représentation sensible (*Sinnesvorstellung*) de nature seulement plus simple que celle-là. L'intensité, voilà la propriété principale de la sensation ; la qualité s'ajoute à la sensation dans la perception, tout en conservant la propriété d'intensité. La loi des énergies spécifiques, dit Max Dessoir, domine les sensations comme les perceptions (*) : les différents territoires du cerveau où s'irradient les faisceaux de projection périphériques sont donc spécifiquement différenciés comme les appareils des sens correspondants. Max Dessoir a proposé la classification suivante des sensations :

1. *Sensations totales* (bien et mal être, etc.).
2. *Sensations organiques* (faim, dégoût, volupté, etc.).
3. *Sensations d'irradiation* (chatouillement, frisson, etc.).
4. *Sensations de sommation* (thermo-esthésie, douleur).
5. *Sensations centrales* (odorer, goûter, entendre, voir).

Ce qu'il appelle *haptique (Haptik)* se divise enfin en :

6. *Sens du contact* (sensations de contact et de pression).
7. *Psilaphésie* (sens tactile et musculaire).

(*) Max Dessoir. *Ueber den Hautsinn.* Du Bois-Reym. Arch., 1892, 175-339.

de la lésion cérébrale est frappée d'anesthésie, ce qui démontre que les nerfs servant aux sensations de contact ou de pression, s'ils ont leurs cellules d'origine à la périphérie du corps, se terminent, en s'arborisant, dans l'écorce du lobe pariétal.

La localisation fonctionnelle des diverses régions du manteau a suivi les progrès de la division du travail physiologique.

L'extirpation des territoires corticaux du bras et de la jambe, nettement différenciés chez le singe, ne provoque que des troubles du mouvement et de la sensibilité limités à ces membres. Mais chez le chien, où, à cause des ravages que produit l'hémorragie, si difficile à arrêter, lorsqu'on extirpe la région du membre antérieur, l'ablation totale du centre de l'extrémité antérieure permet seule d'utiliser l'expérience, l'extrémité postérieure ne laisse pas d'être lésée en même temps : la sensibilité tactile des orteils est au moins légèrement émoussée. Goltz en a même tiré argument contre la doctrine des localisations fonctionnelles de l'écorce. Outre que ce qu'on vient de dire explique assez les phénomènes observés dans l'état de la sensibilité du membre postérieur, après cette opération, Munk a établi que, par l'effet de l'extirpation totale de la région de l'extrémité antérieure du chien, celle de l'extrémité postérieure subit toujours le contre-coup des troubles profonds de la circulation résultant de ce traumatisme opératoire, sans parler, ajoute-t-il, de la connaissance insuffisante que l'on possède des limites de ces deux régions.

Les expériences et observations de ce physiologiste démontrent que ce n'est pas seulement entre les territoires corticaux, d'une part, et les parties correspondantes du corps, d'autre part, qu'il existe des connexions, réalisées par les voies nerveuses sensitives, dont l'excitation provoque la sensation tactile, mais aussi entre chaque partie ou segment de la sphère sensitive et de la peau : ces voies nerveuses conservent, dans les régions de l'écorce cérébrale où elles se terminent, l'ordre et la disposition dans l'espace qu'elles possèdent dans les téguments cutanés de telle ou telle région du corps. C'est ainsi qu'il est de tous points légitime de dire que « la peau est projetée sur les sphères sensitives, comme les rétines le sont sur les sphères visuelles ». Il y a ainsi un substratum anatomique des signes locaux, ici des sensations lumineuses, là des sensations tactiles : la localisation de la sensation de contact perçue par les éléments centraux varie, en effet, et change régulièrement avec celle des points de la peau excités.

On ne saurait dire, toutefois, pour la sensibilité tactile, aussi bien que pour la vision, si des faisceaux de fibres isolés se rendent de la périphérie aux éléments nerveux centraux de l'écorce cérébrale. Ce qui est certain, d'après Munk, c'est que la projection de la peau

(et des muscles, des articulations, etc.) de la *main* et des *doigts* serait à celle de la peau du *bras* ce qu'est la projection de la tache jaune au regard du reste de la rétine. L'observation apprend que, plus l'extirpation corticale est limitée, plus l'altération sensitive du territoire cutané correspondant est minime. Le retour de la sensibilité dans ce territoire anesthésié est d'autant plus rapide qu'il est moins étendu. Il doit donc exister, comme nous savons qu'il en existe en effet, des stations ou relais ganglionnaires situés sur le trajet des voies nerveuses allant de la peau à la sphère sensitive, de façon que l'excitation périphérique puisse encore arriver, fût-ce par un détour, à d'autres neurones corticaux de même fonction qu'aux éléments nerveux de l'écorce disparus du fait de l'opération. Les différences existant entre les résultats des extirpations partielles ou totales sont bien nettes. La région corticale tout entière du bras et de la jambe a-t-elle été enlevée, la sensibilité au contact est pour toujours perdue dans ces extrémités. Si les extirpations ont été partielles, la sensibilité perdue de la partie correspondante des extrémités revient au bout de quelque temps. Ainsi, un singe dont la région de la main et celle des doigts a été extirpée, réagit, quelques mois après l'opération, en tournant la tête au contact de sa main. En même temps que des troubles de sensibilité, la destruction de l'écorce du lobe pariétal détermine des troubles de motilité sur le côté opposé du corps : sur la partie correspondant à la région corticale détruite, tous les « mouvements isolés », individualisés, propres à cette partie, font défaut. Les « réflexes communs » persistent seuls. Quant aux « mouvements d'ensemble » que cette partie exécutait, simultanément ou successivement, avec d'autres parties du corps, ils manquent de régularité ; ils sont maladroits et imparfaits. Ce ne sont donc pas seulement les *mouvements volontaires* qui sont paralysés par ces destructions : les *mouvements involontaires*, les *réflexes de contact* et les *régulations des mouvements associés* sont également gravement altérés. D'autre part, un certain nombre de mouvements volontaires persistent, qui s'expriment par des mouvements associés ou d'ensemble, tels que ceux de la marche, de la course, etc., ainsi que quelques « mouvements secondaires ».

Certes, DAVID FERRIER a eu raison de contester ce que soutenait SCHIFF (1883) : que, après les destructions de l'écorce des territoires considérés, il n'existait ni parésie, ni paralysie d'aucun muscle, ou groupe de muscles, d'origine cérébrale. Il semble que SCHIFF n'ait pu admettre de paralysie des mouvements des extrémités, par exemple, parce qu'il trouvait conservés ces mouvements dans la marche, la course, etc. ; il n'avait pas vu que, sans qu'il existe de paralysie des muscles ou groupes musculaires des extrémités, il peut pourtant exister des paralysies d'un certain ordre de mouvements dans ces extrémités. Il rapportait donc tout trouble de la motilité à un trouble de la sensibilité, seul effet direct qui résultât pour lui d'une lésion de l'écorce du cerveau. Quelle que fût l'explication des phénomènes, il est pourtant certain que des paralysies existaient, que ces paralysies étaient bien déterminées par des lésions de l'écorce, bref, que des mouvements, d'origine « cérébrale », étaient alors paralysés. Ces paralysies étaient réelles. FERRIER avait raison de le proclamer contre SCHIFF. Mais, encore une fois, ce ne sont pas seulement les « mouvements volontaires » qu'anéantissent les destructions de l'écorce cérébrale.

En réalité, les choses sont beaucoup plus compliquées qu'on ne l'avait pu croire d'abord. Pour savoir quelle part revient à l'écorce du lobe pariétal, dans les mouvements des animaux, il faut d'abord rechercher quelles fonctions motrices appartiennent au système nerveux central indépendamment de l'écorce du cerveau.

Les fibres nerveuses motrices qui innervent un muscle sortent toutes sans exception de cellules nerveuses, qu'on peut appeler « centre du muscle » (*Centrum des Muskels*), et les centres musculaires de tous les muscles sont fonctionnellement associés, si bien qu'une excitation périphérique transmise par les nerfs sensibles à un centre musculaire peut avoir pour effet non seulement l'activité d'un muscle isolé, mais celle de plusieurs muscles, puisque cette excitation se propage du centre musculaire considéré aux centres musculaires voisins. Si l'excitation périphérique possède une intensité et une durée suffisantes, ou si l'excitabilité centrale est suffisamment élevée, des réflexes pourront se produire sous forme de convulsions réflexes qui s'étendront à tous les muscles d'une ou plusieurs parties du corps, voire du corps tout entier.

D'ordinaire, l'excitation se propage autrement dans les centres musculaires. Parmi les centres musculaires subordonnés à une partie du corps, quelques-uns affectent des rapports plus étroits entre eux ; l'excitation s'y localise, sans s'étendre aux groupes voisins : on les nomme *centres réflexes de la moelle épinière* ; Munk les veut appeler « centres médullaires » (*Markcentren*). Ces centres président aux mouvements réflexes des extrémités qui réalisent certaines adaptations préformées, préhension, grattement, etc. En outre, parmi ces centres (*Markcentren*), subordonnés aux diverses parties du corps, quelques-uns sont dans un rapport plus étroit, grâce aux voies d'association spéciales qui les relient, de sorte que l'excitation partie d'un premier centre musculaire peut mettre en mouvement plusieurs parties du corps. Les mouvements qui conspirent sont tels qu'ils paraissent adaptés à un seul et même but. Tels sont les mouvements de flexion du membre postérieur ou inférieur excité et les mouvements d'extension de l'autre extrémité. Mais, pour la réalisation de cette synergie de plusieurs parties du corps, il existe encore d'autres centres, « centres principaux », ganglions nerveux infra-corticaux reliant les centres spinaux des différentes régions du corps, si bien que ces centres se trouvent subordonnés à quelque « centre supérieur » : la stimulation qui, de la périphérie, arrive, par les nerfs de sensibilité, à l'un de ces centres supérieurs, a pour effet l'excitation simultanée ou successive des centres spinaux des différents segments du corps reliés au centre supérieur (*Principalcentrum*). Munk cite, comme exemples des mouvements résultant de l'activité de ces centres supérieurs sous-corticaux, la marche, la course, le saut, etc.

« Ainsi, écrit l'illustre physiologiste de Berlin, tous les muscles peuvent être mis en activité par le système nerveux central sans qu'intervienne l'écorce cérébrale, et des mouvements adaptés d'une ou de plusieurs parties du corps peuvent être exécutés si, à la suite d'une stimulation (*Reizung*) périphérique, l'excitation (*Erregung*) est transmise par les voies

des nerfs de sensibilité, soit aux centres réflexes de la moelle épinière (*Muskel-oder Markcentren*), soit à des centres cérébraux sous-corticaux (*Principalcentren*). Si l'écorce cérébrale n'est pas absente, ce n'est point seulement la possibilité de ces *réflexes communs* qui existe, mais, sans qu'une stimulation périphérique soit nécessaire, les muscles peuvent être alors *volontairement*, comme on dit, mis en activité, et les diverses parties du corps peuvent accomplir des mouvements intentionnels, du moment que l'excitation, partie des éléments centraux de l'*écorce cérébrale*, en suivant les voies nerveuses qui réunissent ces éléments avec les centres réflexes de la *moelle* et les *ganglions sous-corticaux*, est conduite à ces derniers. Mais les *mouvements volontaires* ne sont pas, comme on l'a cru jusque dans ces derniers temps, les seules fonctions de l'écorce cérébrale relativement aux mouvements des animaux. Des *mouvements involontaires* peuvent être également produits par l'*écorce cérébrale* si, à la suite d'une stimulation périphérique, l'excitation arrive, par les nerfs sensibles, aux cellules centrales de l'écorce, l'excitation déterminée ainsi dans l'écorce se transmettant par les voies nerveuses qui relient cet organe aux *centres nerveux sous-corticaux*. Ces *réflexes corticaux* succèdent à une stimulation périphérique beaucoup plus faible ; ce sont des mouvements d'une autre sorte que les *réflexes communs*, comme le montrent bien les *réflexes de contact* (par exemple dans l'excitation mécanique des doigts ou des orteils) en regard des *réflexes communs*. Il suit qu'il existe, dans les animaux normaux, trois modalités du mouvement : 1° *mouvement volontaire* ; 2° *mouvement réflexe cortical* ; 3° *mouvement réflexe commun*. Le dernier est le seul mouvement qui soit indépendant de l'écorce cérébrale, et cette modalité du mouvement ne se manifeste seule qu'assez rarement. On doit bien se garder de croire, par la considération des mouvements variés qui ont été observés sur des animaux sans cerveau conservés longtemps en vie, que, chez les animaux intacts, tous ces mouvements des animaux décérébrés ont lieu sans la participation du cerveau. Chez l'animal normal, les *réflexes communs* n'ont lieu que lorsqu'un stimulus subit et assez intense atteint la périphérie. Or, si tous les autres mouvements sont déterminés par l'écorce du cerveau, ces mouvements sont bien, de quelque façon qu'on veuille les nommer, d'un seul mot, des *mouvements corticaux* (*Rindenbewegungen*) (1).

« Trompé par le fait qu'on avait trouvé exclusivement excitable par

---

(1) HERMANN MUNK. *Ueber die Fühlsphaeren der Grosshirnrinde*. 5te Mittheilung. Sitzungsb. der K. Pr. Akad. der Wiss. zu Berlin, 1896, p. 1141. Cf. pour ce qui a trait aux animaux décérébrés, *Ibid.*, 1893, p. 697 et H. MUNK, DU BOIS-REYMOND's Arch., 1894, p. 366-7.

l'électricité l'écorce du *lobe pariétal*, on a, au commencement de l'étude scientifique de l'écorce du cerveau, considéré tous les mouvements corticaux comme dépendant de l'écorce du lobe pariétal : on a vu dans ce lobe la partie motrice ou psycho-motrice, et on a opposé cette partie antérieure du manteau à la partie postérieure, non motrice. Cette vue cependant fut bientôt contredite par l'observation que l'écorce du lobe pariétal réagissait à l'expérimentation comme une *sphère de sensibilité (die Fühlsphaere)*, et prenait place à côté de la *sphère visuelle*, dans l'écorce du *lobe occipital*, et de la *sphère auditive* dans l'écorce du *lobe temporal* (1878) (1). Plus tard, lorsque l'écorce du lobe occipital eut été trouvée également excitable (Schäfer, 1888; Munk et Obregia, 1890), il fut démontré que les mouvements latéraux, supérieurs et inférieurs des yeux, que provoque l'excitation de cette écorce, résultent de la transmission de l'excitation de la *sphère visuelle* à des *centres de mouvements des yeux* par l'intermédiaire de voies nerveuses qui vont directement de cette sphère à des centres sous-corticaux du cerveau. On dut admettre que c'est par cette voie, la plus prochaine et la plus courte, qu'ont lieu les *réflexes corticaux* qui réagissent à la vision, les mouvements involontaires des yeux qui dirigent le regard vers ce qui se projette sur le champ visuel. Il fallait s'attendre à ce qu'il existât aussi des réflexes corticaux résultant des perceptions de l'ouïe et dépendant immédiatement, de la même manière que pour la vision, de la *sphère auditive* : l'expérimentation confirma l'induction (B. Baginsky, 1891); l'écorce du lobe temporal se montra à son tour excitable par l'électricité, et cette excitation détermina des mouvements de l'oreille. Ajoutez, enfin, que les réflexes corticaux du domaine de la sensibilité générale, de la peau, les réflexes de contact, dépendent également de la *sphère sensitive*, et même de chacune des parties de ce territoire cortical à laquelle appartient la région du corps où a lieu le contact et dont l'excitation électrique a pour effet de provoquer des mouvements dans la même région. Il n'y a donc point de doute, quant aux *mouvements réflexes corticaux*, que ces mouvements ne dérivent pas tous de l'écorce du *lobe pariétal*, mais, pour chaque fonction, des cellules centrales de la sphère corticale de sensibilité où, à la suite de la stimulation périphérique, l'excitation arrive, au moyen de voies nerveuses directes, reliant chacune de ces sphères sensibles avec les centres sous-corticaux. Il n'est pas moins certain, d'autre part, que *tous les mouvements volontaires, affectant une partie du corps, sont excités exclusivement par l'écorce du lobe pariétal, et toujours exclusivement par la région corticale en*

(1) H. Munk. *Ueber die Functionen der Grosshirnrinde*, p. 32.

rapport avec la partie correspondante du corps, au moyen des conducteurs nerveux qui, des cellules centrales de ce point de l'écorce, vont aux centres de la moelle épinière et des muscles de cette partie du corps.

« Il en va autrement, encore une fois, des mouvements qu'une partie du corps exécute en commun, simultanément ou successivement, avec d'autres parties du corps, par exemple dans les mouvements volontaires de la marche, de la course, de la station : ces mouvements peuvent avoir lieu tout à fait sans la participation de la région de l'écorce qui correspond à la partie du corps, les centres sous-corticaux étant excités au moyen de voies spéciales ; leur régulation, leur adaptation délicate aux circonstances extérieures, telles que l'inégalité, la dureté, le glissant du sol, etc., est simplement ici réalisée par la région correspondante de l'écorce au moyen de *réflexes corticaux*. Mais l'excitation des *centres sous-corticaux* peut être aussi provoquée par différents points de l'écorce cérébrale ; car, sans parler de la régulation, les mouvements volontaires de la marche, de la course, de l'action de grimper, etc., ne sont altérés par aucune espèce d'extirpations partielles de l'écorce du cerveau, aussi peu d'ailleurs que par l'extirpation bilatérale des sphères visuelles ou des sphères auditives, par l'extirpation bilatérale de régions également considérables ou plus étendues encore du reste de l'écorce, pas même, en particulier, par l'extirpation bilatérale des régions des extrémités, ou de celles-ci et des parties limitrophes des régions voisines. Il n'y a naturellement aucun sujet de croire que la *sphère sensitive* possède quelque privilège au regard des *sphères de la vision* et de l'*audition* quant à ses connexions avec les *centres sous-corticaux*.

« La *sphère sensitive* est donc, quant aux mouvements volontaires des *centres sous-corticaux* et à ceux des *réflexes corticaux*, absolument équivalente à la *sphère visuelle* et à la *sphère auditive* : elle possède toutefois cet avantage, au regard de ces sphères sensorielles, d'exercer seule sa domination sur les mouvements volontaires qui peuvent affecter séparément chaque partie du corps. La *sphère sensitive* occupe ainsi, par rapport à l'incitation des mouvements, une place à part en face du reste de l'écorce. Son importance pour les mouvements de l'animal ne paraît d'ailleurs si grande que parce que, tandis que les *sphères visuelle* et *auditive* produisent simplement des *mouvements des yeux* et des *oreilles*, comme *réflexes* de la *vision* et de l'*audition*, comme mouvements réflexes résultant directement de la vision et de l'audition, les *réflexes sensitifs*, c'est-à-dire les mouvements réflexes résultant directement des perceptions de la sensibilité, s'étendent à toutes les parties du corps et dominent la régulation, la justesse et l'adaptation parfaites des mouvements volontaires des *centres sous-corticaux*. C'est dans la sphère sensitive qu'est la région, subordon-

née à chaque partie du corps quant à la *sensibilité* de cette partie, qui provoque les *mouvements volontaires* limités à cette partie, ainsi que ses *réflexes sensitifs*. Ces deux sortes de mouvements sont pour toujours abolis par la destruction de cette région du manteau : des mouvements d'origine *corticale* que possédait jusque-là la partie du corps correspondante, il ne subsiste que le mouvement volontaire manifesté dans les mouvements issus des centres *sous-corticaux*(1) ».

Il résulte de l'ensemble des expériences d'extirpations partielles des régions des extrémités, pratiquées par Munk sur les singes, que, dans chaque région ou territoire cortical, les neurones moteurs, en rapport avec les centres spinaux, dont les fibres radiculaires se distribuent aux muscles de telle ou telle partie du corps, ne sont pas mêlés et confondus sans ordre, mais régulièrement disposés dans un ordre qui correspond à la place des muscles dont ces cellules nerveuses déterminent les contractions par l'intermédiaire des centres de la moelle épinière. Comme l'extirpation d'une partie de la région corticale du bras ou de la jambe prive toujours une partie correspondante de ces membres de leurs mouvements volontaires isolés, « alors que, dans le reste du bras ou de la jambe, ces mouvements persistent », il faut, de nécessité, que tous les éléments moteurs dont les centres spinaux mettent en mouvement les mêmes segments des extrémités, se trouvent réunis en un groupe. Et, comme après une extirpation de la région du bras, affectant la face interne ou externe, etc., de ce membre, les mouvements volontaires isolés du bras manquent sur les segments supérieurs ou inférieurs, etc., il faut que les groupes de cellules motrices se succèdent dans le même ordre que les segments de cette extrémité. En d'autres termes, l'ordre des neurones moteurs de l'écorce doit correspondre à celui des muscles des parties correspondantes du corps que ces neurones gouvernent par l'intermédiaire des centres spinaux.

Il en est de même, on l'a dit, pour « la projection de la peau » sur les sphères sensitives : la partie de la région corticale du bras ou de la jambe en rapport avec la peau de certains segments déterminés de ces extrémités, détermine en même temps les mouvements volontaires isolés de ces segments. Les expériences instituées par Munk (1892-1893) sur les localisations tactiles, ont démontré que le plus léger contact d'un segment de membre provoque toujours, comme réponse, un mouvement isolé de ce segment, doigts, orteils (et, chez le singe, de chaque doigt), main, pied, avant-bras. S'il suffit d'augmenter l'excitation pour qu'un plus grand

(1) H. Munk. *Ueber die Fühlsphaeren der Grosshirnrinde*, 5te Mitth., p. 11-14.

nombre de segments entrent en mouvement, c'est pourtant toujours le segment affecté par le contact qui se meut le premier. Il suit que les neurones sensitifs corticaux de la peau d'un membre ou segment de membre sont étroitement associés aux neurones moteurs corticaux dont dépend le mouvement des muscles qui répondent par ces contractions. La brièveté des voies d'association entre ces deux sortes de neurones corticaux expliquerait ce processus, sans parler de la facilité et de la vitesse de conduction que l'exercice et l'habitude réalisent dans les voies nerveuses. MUNK insiste sur la proximité très vraisemblable de ces deux sortes d'éléments dans l'écorce cérébrale. C'est ainsi que, sur un chien où ne subsistait qu'une portion minime des régions corticales des extrémités gauches, et où toute trace de sensibilité tactile faisait défaut sur les extrémités droites, il suffisait de *toucher* un certain point des orteils pour provoquer un *mouvement* de ses orteils.

Dans l'examen que MUNK a fait des expériences de BEEVOR et HORSLEY (1), il rappelle que, d'après ces savants, les muscles des bras sont représentés sur la convexité des hémisphères, de haut en bas, dans un ordre progressif correspondant au degré d'étendue et de différenciation des mouvements, les mouvements des plus grands segments, tels que le bras et l'avant-bras, ayant leurs centres respectifs situés au-dessus des mouvements plus petits et plus différenciés de la main, des doigts et du pouce (fig. 15). Ces savants s'écartent toutefois de la conception de MUNK. Ils déclarent expressément qu'ils voient dans le mouvement primaire (*primary movement*), c'est-à-dire dans le mouvement qui suit le premier l'excitation, un mouvement qui est éminemment représenté dans le point excité de l'écorce. En quoi ils sont d'accord avec HUGHLINGS JACKSON, suivant lequel ce qui est localisé dans le cerveau est une représentation en degré de plusieurs mouvements, non un centre étroitement délimité d'un mouvement isolé (2). Ces auteurs sont donc arrivés au résultat qu' « il n'y a point de ligne absolue de démarcation entre l'aire corticale de localisation d'un mouvement et celle d'un autre mouvement ; chaque mouvement ayant un centre de représentation maximum, et celle-ci allant graduellement en diminuant (*shading*) dans l'écorce environnante ». Il ressort, au contraire, des expériences de MUNK, que, sans reparler des connexions constantes et fixes des éléments moteurs de l'écorce avec les fibres afférentes de sensibilité, ces neurones moteurs n'étant pas seu-

---

(1) Philos. Transact. of the R. Soc. of Lond., vol. 178 (1887) B, 153 sq. — V. p. 1029 sq.

(2) Ibid., 162. *The use of the expression (primary movement) is in harmony with* Dr HUGHLINGS JACKSON'S *view, viz., that cerebral localisation is in the main a master of degree of representation of several movements, and not the close limitation of any one.*

lement en rapport avec les cornes antérieures de la moelle épinière et avec les centres réflexes de la moelle épinière, mais associés entre eux dans le centre cortical, on conçoit très bien comment leur excitation peut se localiser et déterminer des réactions isolées, sans diffusion ni propagation aux autres éléments moteurs du centre considéré.

Les associations des neurones moteurs dans l'écorce expliquent aussi les *convulsions cloniques*. Après des excitations répétées, de fréquence et de durée suffisantes, du territoire cortical le plus externe de la jambe et particulièrement du bras, elles se produisent, comme effet consécutif d'une excitation nouvelle, dans les muscles des orteils et des doigts et envahissent régulièrement, de segment en segment, les muscles des segments supérieurs. Chez le chien, ces convulsions cloniques s'observent souvent si l'on multiplie les excitations de la partie inférieure de la *région corticale de l'extrémité antérieure*; alors qu'elles avaient déjà envahi le bras, Munk a pu les limiter aux orteils, ou aux orteils et au pied, en extirpant rapidement la partie antérieure de cette même région. Des stimulations très faibles et de courte durée de la partie postérieure de cette région n'ont pour effet que de provoquer régulièrement des mouvements des *orteils*; l'excitation de points situés en avant du *sulcus coronalis* détermine, selon que ces points sont plus internes ou externes, l'extension ou la flexion de tous les orteils (fig. 10). L'excitation augmente-t-elle d'intensité et de durée, des mouvements du *pied*, de l'*avant-bras* et du *bras* viennent s'associer aux premiers. De faibles et brèves stimulations, appliquées à une plus grande distance en avant du *sulcus coronalis*, provoquent surtout des mouvements du pied et des orteils. Les excitations de la partie antérieure du territoire cortical de l'extrémité antérieure ont les mêmes effets que les excitations de la partie interne de la région du bras chez le singe. Tout se passe, d'ailleurs, chez le chien comme chez le singe, si ce n'est que, chez le premier de ces mammifères, les mouvements isolés d'un membre ou segment de membre peuvent plus rarement être déterminés par l'excitation. Une différence analogue a été observée par Beevor et Horsley entre les macaques et les autres singes inférieurs qui ont servi à leurs expériences comme à celles de Munk, et un orang-outang, sur lequel ils ont institué des recherches comparatives (1890). Une faible excitation est toujours suivie, chez l'orang, du mouvement isolé d'un membre, et, suivant le point excité, d'une flexion ou d'une extension de ce membre; le mouvement initial d'un membre ou segment de membre provoque plus rarement les mouvements consécutifs d'autres membres ou segments de membres. Conformément à leur idée, que chaque mouvement possède, dans l'écorce, un territoire assez étendu de représentation, au maximum au centre, au minimum à la périphérie, et que ces territoires de repré-

sentation empiètent les uns sur les autres, BEEVOR et HORSLEY ont trouvé chez l'orang une délimitation plus étroite de la représentation de chaque membre et segment de membre considéré isolément ; ils ont constaté un plus haut degré de différenciation de ces représentations, expression du progrès considérable de l'écorce de l'orang comparée à celle du macaque au point de vue de l'évolution des fonctions (1).

« Or cette différence trouve son explication toute simple, écrit MUNK, dans la *différence d'excitabilité des écorces examinées*. Cette excitabilité est, en effet, comme le montrent les expériences d'excitation, la plus grande chez le *chien* ; plus petite chez le *macaque*, elle est plus petite encore chez l'*orang*. Par conséquent, l'excitation des points excités de l'écorce doit se propager le plus difficilement chez l'*orang*, plus facilement chez le *macaque*, avec plus de facilité encore chez le *chien*. En d'autres termes, et plus exactement, l'excitation des éléments moteurs corticaux, excités par le stimulus électrique, doit plus difficilement provoquer l'excitation d'autres éléments moteurs de la région considérée avec lesquels ces éléments sont anatomiquement associés. C'est un fait bien connu que, par la stimulation électrique, les attaques d'épilepsie éclatent bien plus vite et plus rapidement chez le chien que chez le macaque, ce qui prouve la plus grande excitabilité de l'écorce du chien et la diffusion plus rapide de l'excitation dans l'écorce de ce mammifère (2). Ajoutez, à titre de circonstance favorable, que la région corticale des extrémités est, chez le macaque, absolument et relativement à la grosseur du corps et du cerveau, plus étendue que chez le chien. D'ailleurs, chez le macaque, un plus grand nombre de neurones moteurs de cette région de l'écorce, en rapport avec les centres spinaux d'innervation musculaire, doit correspondre au plus grand nombre des muscles des extrémités, lesquels peuvent être mis isolément en mouvement par la volonté. Que l'on compare seulement les mouvements isolés qu'exécute séparément chaque doigt du macaque au mouvement d'ensemble des orteils du chien. Outre leur nombre plus considérable, les neurones moteurs pourraient, dans l'écorce du macaque, être situés à une plus grande distance les uns des autres que ceux du chien. Cela expliquerait pourquoi, chez ce mammifère, l'excitation est plus rarement suivie du mouvement isolé d'un segment de membre. On comprendrait en même temps que le stimulus électrique affectât d'une façon plus discrète les éléments moteurs qui se trouvent en rapport avec les centres spinaux des muscles dont la contraction est capable de mouvoir séparément un segment de membre, tous les faisceaux d'association entre les neurones moteurs de cette région de l'écorce étant aussi moins longs chez le chien que chez le macaque. »

Théorie des contractures. — Au cours de ses magistrales études sur les sphères sensitives de l'écorce du cerveau antérieur, HERMANN MUNK a tiré de sa longue pratique des vivisections quelques principes nouveaux

---

(1) Ibid., 145. *The extreme paucity of such combinations shows more clearly than words to what a remarkable extent* the representation of each individual segment is integraled in the cortex of the Orang. *Too much stress cannot be laid upon this point since it demonstrates incontestably the great advance in evolution of function of the Orang's cortex above that of the Macacque.*

(2) BEEVOR et HORSLEY ont constaté qu'il est plus difficile de provoquer des attaques d'épilepsie par la stimulation électrique de l'écorce chez l'orang que chez le macaque.

de pathologie expérimentale et clinique sur la théorie des contractures consécutives aux lésions du *pallium*. Nous rattacherons à l'exposition de ces faits physiologiques l'histoire de la théorie inaugurée par H. Jackson et Ch. Bastian, constituée par Van Gehuchten, d'après des observations cliniques et anatomo-pathologiques, de la pathogénie des contractures.

Bien des théories existent dans la science sur le phénomène de la *contracture*. Pendant longtemps l'exagération des réflexes et la contracture dans l'hémiplégie ont été exclusivement attribuées à la dégénérescence secondaire du faisceau pyramidal. La flexion et la pronation du membre supérieur, l'extension et l'adduction du membre inférieur, avec exagération considérable des réflexes tendineux, dans l'hémiplégie, était une contracture secondaire relevant de l'activité exagérée de la moelle due à la dégénération du faisceau pyramidal (1). La contracture posthémiplégique résultait d'un état d'irritation des cellules motrices des cornes antérieures de la moelle entretenu, pendant des années, par la sclérose consécutive à la dégénération secondaire, descendante, du faisceau pyramidal, irritation analogue à celle que produit l'empoisonnement par la strychnine : c'était là, disait Charcot, un « état de strychnisme spontané », non expérimental.

Mais, au sujet de la contracture tardive, « symptôme presque obligé à la suite des lésions cérébrales anciennes, » Charles Bouchard écrivait en 1866 : « Cette contracture des parties paralysées, qu'on rencontre presque invariablement chez les anciens hémiplégiques, nous semble avoir été rapportée, à tort, à une irritation chronique du cerveau due au tiraillement de la cicatrice du foyer primitif ou à la marche progressive d'une encéphalite supposée. La cause de cette contracture permanente tardive nous paraît être dans la moelle. Assurément on ne peut pas l'attribuer à l'altération granulo-graisseuse des tubes, travail qui ne peut se révéler par aucun symptôme ; d'ailleurs, à l'époque où cette contracture débute, les tubes lésés dans l'encéphale se sont déjà détruits dans toute leur longueur. Mais les tubes d'origine encéphalique sont mélangés dans la moelle avec d'autres tubes qui ont leur origine dans la substance grise de la moelle elle-même. Ces tubes médullaires propres vont donc être plongés au sein d'un tissu qui, après un temps assez considérable, à partir du début des accidents apoplectiques, est le siège d'une prolifération conjonctive assez abondante. C'est à l'irritation des tubes médullaires par cette néoplasie, c'est à cette sclérose secondaire que nous croyons devoir rapporter la contracture tardive dans les hémiplégies (2). »

---

(1) Pierre Marie. *Leçons sur les maladies de la moelle*. Paris, 1892, p. 27.

(2) Charles Bouchard. *Des dégénérations secondaires de la moelle épinière*. Archives gén. de méd., 1866, I, 272, 441, 561 ; II, 273. P. 274-275.

Les disciples les plus éminents de CHARCOT avouent d'ailleurs que « le mode d'action intime, » la fonction propre du faisceau pyramidal, ne nous est guère connu. « Certes, écrit PIERRE MARIE, nous savons que c'est là par excellence le *faisceau de la motilité volontaire*; mais comment? Nous l'ignorons entièrement. L'influx nerveux qui parcourt les fibres pyramidales jouit-il, par rapport aux cellules de la moelle, de propriétés *excito-motrices* ou *inhibitoires?* Les deux opinions peuvent se soutenir ». Même incertitude sur l'action spéciale de chacune des deux voies, directe et croisée, du faisceau pyramidal.

Comme l'élégante et célèbre expérience de la bande d'ESMARCH de BRISSAUD, dont l'application sur un membre contracturé peut en quelques minutes dissiper momentanément telle attitude rigide conservée depuis des années par l'hémiplégique, la théorie du mécanisme de la contracture posthémiplégique de PIERRE MARIE possède je ne sais quel caractère de sobriété concise et lumineuse, d'allure classique, au sens antique du mot.

L'ancienne hypothèse des propriétés excito-motrices du faisceau pyramidal a fini par paraître trop simple. « N'y aurait-il pas lieu de se demander plutôt si le rôle du faisceau pyramidal ne serait pas un *rôle d'arrêt,* analogue, toutes proportions gardées, à celui du pneumogastrique sur le cœur? Dans cette seconde manière d'envisager les choses, la substance grise médullaire serait encore la véritable machine motrice, mais une machine motrice toujours sous pression, toujours apte à fonctionner... Le faisceau pyramidal aurait pour mission de servir de frein à cette machine, d'empêcher son fonctionnement intempestif et incessant. Si la volonté intervient pour suspendre temporairement cette action inhibitrice dans les fibres de ce faisceau qui correspondent aux centres de la substance grise préposés à la contraction de tel ou tel muscle, aussitôt ces muscles se contractent pour l'exécution du mouvement qui a été désiré. Si, au contraire, cette action inhibitrice est suspendue d'une façon permanente, par suite de la destruction des fibres du faisceau pyramidal, la machine privée de son frein fonctionne indéfiniment, la contraction musculaire due à ce fonctionnement est, comme lui, ininterrompue : la *contracture* survient et persiste. » (1)

La dégénérescence secondaire des fibres des faisceaux pyramidaux ne saurait plus expliquer la pathogénie de la contracture. Non seulement la

---

(1) PIERRE MARIE. *L. l.*, p. 24. Un collaborateur de P. MARIE, G. MARINESCO, a remarqué que cette théorie n'expliquait pas pourquoi la contracture et l'exagération des réflexes n'apparaissent point dès le début de l'hémiplégie, dès qu'il se produit une altération du neurone central. MYA et LEVI, dans l'étude d'un cas de maladie de LITTLE que nous avons étudié, compléteraient ainsi la théorie de P. MARIE : la paralysie flasque de la première période est due chez les hémiplégiques à la privation brusque

contracture posthémiplégique apparaît souvent avant que la sclérose ne débute : dans les cas d'hémiplégie flasque et de lésion transversale complète de la moelle cervico-dorsale, la contracture fait défaut malgré la dégénération secondaire et la sclérose des faisceaux pyramidaux.

D'après la théorie de MANN (1), qui invoque les expériences de HERING et de SHERRINGTON (2), les muscles paralysés ne présentent jamais d'*hypertonie* (MANN préfère ce mot à celui de *contracture*); seuls, les muscles qui ont conservé un certain degré de motilité volontaire sont contracturés. Dans les contractures posthémiplégiques ce sont donc les fibres d'excitation qui sont conservées et les fibres d'inhibition qui sont détruites. Il existerait une disposition anatomique en vertu de laquelle les *fibres d'arrêt* de certains muscles concourent avec les fibres excitatrices de leur antagoniste. Dans la contracture, les fibres qui exercent une action d'arrêt sur les muscles antagonistes seraient paralysées, tandis que celles qui entretiennent une excitation seraient relativement intactes. MANN explique comment par ces actions d'inhibition et d'excitation d'origine cérébrale certains groupes musculaires sont à l'état d'hypertonie, tandis que d'autres sont atteints de paralysie. D'après WERNICKE et MANN, dans les hémiplégies anciennes, « résiduelles », certains groupes de muscles restent seuls complètement paralysés. Ainsi, dans les cas d'hémiplégie ordinaire, les muscles *extenseurs* du membre supérieur sont complètement flasques, tandis que les muscles *fléchisseurs* présentent un certain degré de contractilité. L'état de *contracture* ne s'observe que dans les muscles demeurés relativement capables de fonctionner, jamais dans ceux qui sont totalement *paralysés*. C'est aussi surtout dans les premiers que l'on constate l'*exagération des réflexes tendineux*.

---

de toute excitation corticale ; la contracture et l'exagération des réflexes qui succèdent à ce stade initial seraient l'effet du réveil de l'activité autonome des neurones radiculaires des cornes antérieures sous l'influence des stimulations continues des collatérales réflexes des fibres des racines postérieures.

« Les *centres nerveux de la moelle épinière* subissent, à l'état normal, dit RISIEN RUSSELL, une *influence d'arrêt du cerveau*. Lorsque cette influence est affaiblie ou abolie, le réflexe rotulien est exalté, » etc. *Tre crossed Knee-jerk*. Brit. med. Journ., 1896, 838.

V. JULES SOURY. *Le Faisceau pyramidal et la maladie de* LITTLE. Annales médico-psychol., 1897, 8e sér., V, 238-263. — *Les myoclonies. Physiologie pathologique*. Ibid., 399-421.

(1) MANN. *Ueber das Verhalten der Sehnenreflexe und der passiven Beweglichkeit bei der Hemiplegie*. Monatschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. I, 409. — *Ueber das Wesen und die Entstehung der hemipl. Contractur*. Berlin, 1898.

(2) Ces auteurs avaient constaté qu'une stimulation faible d'une région déterminée de l'écorce déterminait le relâchement du muscle correspondant, du biceps, par exemple, tandis qu'une plus forte excitation du même point provoquait à la fois la *contraction* du triceps et le *relâchement* de son antagoniste, le biceps.

C'est vers la théorie de Mann qu'incline surtout Marinesco (1).

Chez l'homme, la destruction du neurone moteur central (voie des pyramides + cellule corticale), quel que soit le point lésé, abolit les mouvements volontaires, les réflexes tendineux et cutanés, de même que le tonus musculaire et l'état normal de la trophicité musculaire. Il en résulte que l'hypothèse de Pierre Marie, suivant laquelle le neurone moteur périphérique (nerf périphérique + cellule motrice spinale) serait un élément moteur par excellence et représenterait une machine toujours sous pression, à laquelle le neurone moteur central doit constamment servir de frein d'arrêt, n'est pas d'accord avec les faits. C'est précisément tout le contraire. Le neurone moteur périphérique serait un organe complètement dénué d'activité propre et autonome. Cette prétendue machine, le neurone périphérique, n'accomplirait d'elle-même aucun travail, et elle serait réduite à l'inactivité dès que la force qui l'actionne, le neurone central, souffrirait quelque altération grave (2).

Mais von Monakow a fait remarquer, au sujet même de ces résultats des expériences et observations de Mann sur les rapports de dépendance existant entre les neurones moteurs central et périphérique, qu'à son avis la question n'a pas atteint le degré de maturité qui permet les discussions fructueuses. Il a rappelé les cas de Gerhardt et de Senator où, malgré une solution complète de continuité entre la moelle épinière et le cerveau, les réflexes cutanés et tendineux auraient persisté presque jusqu'à la mort. Lui-même a observé un cas où, en dépit d'une dégénération totale des pyramides, il existait, dit-il, une contracture assez accusée du côté correspondant. Mann soutient, en s'appuyant sur ce qu'il a vu et sur ce qu'il a lu, qu'il n'existe jamais de contractures dans les cas d'interruption complète des voies des pyramides.

Dans les lésions des parties supérieures de la moelle épinière, de la *région bulbo-cervico-spinale*, les réflexes font défaut totalement ou en partie, alors que, d'après les idées reçues, on devrait s'attendre au contraire. Il n'existe pas un seul cas de solution de continuité directe de la moelle épinière, constaté par l'autopsie et l'examen microscopique, où, dans ces conditions, c'est-à-dire dans une lésion affectant les voies longues qui passent par la partie supérieure de la moelle cervicale et par la partie inférieure du bulbe, les réflexes tendineux, viscéraux et cutanés aient per-

(1) G. Marinesco. *Sur les paraplégies flasques par compression de la moelle.* Semaine méd., 13 avril 1898. — *Recherches sur l'atrophie musculaire et la contracture dans l'hémiplégie organique.* Ibid., 23 nov. 1898.

(2) Mann (Breslau). *Zur Physiologie und Pathologie der motorischen Neurone.* Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte zu Düsseldorf (19-20 sept. 1898). Neurol. Centralbl., 1898, 1021.

sisté. Par conséquent l'observation clinique a confirmé les résultats auxquels étaient arrivés, par leurs expériences, J. ROSENTHAL (1873) et M. MENDELSSOHN (1882), à savoir, que la lésion de la région cervicale (*regio bulbo-cervicalis*) ou des segments supérieurs de la moelle dorsale abolit ces mêmes réflexes, complètement et pour toujours, alors même que l'arc réflexe subsiste dans la moelle lombo-sacrée. Les hypothèses proposées par BASTIAN, VAN GEHUCHTEN, etc., pour expliquer ce fait paradoxal ne paraissent point soutenables à ces auteurs (1) : selon eux, « les réflexes manquent parce que la région où, normalement, a lieu la production des réflexes, est lésée ». Il existerait là une région où se rencontreraient des appareils capables de réaliser au maximum les conditions de l'excitabilité réflexe (*Reflexerregbarkeit*). Les auteurs ont insisté sur l'importance que présenterait l'accord des résultats de leurs expériences et de ceux de la clinique et de l'anatomo-pathologie pour l'étude du *mécanisme réflexe*. Ce mécanisme représente l'acte le plus élémentaire en même temps que le phénomène fondamental de toute la physiologie et de toute la pathologie du système nerveux. C'est au point ou plutôt dans la région de l'axe médullaire que ces auteurs ont indiqué que KUSSMAUL et TENNER avaient localisé le centre des convulsions « épileptiformes » et que NOTHNAGEL avait situé son *Krampfcentrum*. Les centres de la moelle cervicale et des parties supérieures de la moelle dorsale seraient plus excitables que ceux qui sont placés plus bas. ZIEHEN croit que les convulsions épileptiques de nature *tonique* ne partent point de l'écorce cérébrale comme les convulsions *cloniques*, mais du mésencéphale et de la moelle allongée. MAX VERWORN a aussi décrit des réflexes toniques chez la grenouille qui auraient leur origine dans les centres réflexes de la base du cerveau moyen et de la moelle allongée (1896) (2). La fréquence des convulsions dans les muscles innervés par les segments supérieurs de la moelle épinière témoigne de la grande excitabilité réflexe de ces régions : « Dans tous les cas de tétanos débutant par du *trismus* et des spasmes de la musculature du cou et de la nuque ; dans la méningite cérébro-spinale, dans la *pachyméningitis cervicalis hypertrophica*, dans les affections de la fosse occipitale (tumeurs et abcès du cervelet), qui déter-

---

(1) J. ROSENTHAL u. M. MENDELSSOHN. *Ueber die Leitungsbahnen der Reflexe in Rückenmark und den Ort der Reflexübertragung*. Neurol. Centralbl., 1897, 978-985. — M. MENDELSSOHN. *Untersuchungen üb. Reflexe* (Phys. Institut zu Erlangen). Sitzungsb. d. K. pr. Akad. d. Wiss., 1882, 1883, 1885. — *Unters. üb. die Leitungsbahnen der Reflexe im Rückenmark*. Ber. d. Congr. d. russ. Aerzte in St. Petersb., 1879. — M. MENDELSSOHN. *Valeur pathogénique et séméiologique des réflexes*. Congrès internat. de neurologie de Bruxelles, 1897.

(2) VERWORN. *Tonische Reflexe*. Arch. f. d. ges. Phys., 1896, LXV, 63.

minent des compressions de la moelle allongée et des parties supérieures de la moelle épinière, le symptôme de raideur de la nuque ne manque jamais, etc. ».

Il n'y a pas jusqu'aux dernières découvertes de l'anatomie de la moelle épinière qui ne permettraient d'expliquer sans effort les faits découverts par ROSENTHAL et MENDELSSOHN. « Nous savons aujourd'hui, écrivent ces savants, que les prolongements des cylindraxes des *neurones sensitifs* qui pénètrent dans tous les segments de la moelle épinière arrivent à proximité des dendrites des *neurones centraux*, lesquels sont de leur côté en rapport avec les *neurones périphériques* des nerfs moteurs. Les fibres radiculaires postérieures se divisent à leur entrée dans la moelle épinière en une branche ascendante, émettant des collatérales (les *collatérales réflexes*), dont les arborisations ultimes réalisent les connexions susdites [et en une branche descendante]. On conçoit ainsi comment, à *chaque niveau* de la moelle, une excitation peut être transmise, par le chemin le plus court, d'une voie sensitive à une voie motrice, c'est-à-dire comment un *réflexe* peut naître. Les branches ascendantes des fibres radiculaires postérieures forment ces « longues voies » qui montent dans le cordon postérieur jusqu'au noyau de GOLL, dans la substance grise du bulbe, où elles se terminent. De cette station, de nouveaux neurones forment de nouvelles connexions avec l'écorce cérébrale du côté opposé, où leurs prolongements cylindraxiles entrent en contact avec les neurones des cellules pyramidales motrices. Or, *c'est précisément en ce point de la moelle épinière que, d'après nos recherches*, continuent ROSENTHAL et MENDELSSOHN, *ont lieu les réflexes normaux*. Il est possible aussi que la transmission de ces processus ait lieu aux niveaux intervallaires de la moelle épinière par les collatérales des branches ascendantes, ou même dans le cerveau, par les neurones dont les prolongements nerveux s'élèvent du bulbe dans la direction de l'écorce cérébrale ». Toutefois, les « voies courtes » opposent une résistance plus grande que les « voies longues » à la transmission des excitations, d'après les expériences des auteurs. Les dernières représentent, en effet, un prolongement *direct* d'un neurone sensible, sans intercalation de ramifications terminales venant s'interposer, sans transit de neurones à neurones. C'est donc dans le *bulbe*, ou à proximité du bulbe, là où les protoneurones sensitifs se terminent, et où le passage des courants afférents aux cellules motrices doit trouver des conditions particulièrement favorables, que se produisent les *réflexes*, suivant ces auteurs.

Les faits anatomiques et cliniques, ainsi que les observations anatomopathologiques, dont s'est servi d'abord VAN GEHUCHTEN pour édifier une doctrine nouvelle de physiologie pathologique touchant la paralysie, l'exagération des réflexes et la contracture chez les spasmodiques et chez les

hémiplégiques, l'ont conduit à proposer une théorie également nouvelle du mécanisme des mouvements réflexes.

Le tableau des cas de lésion transversale complète de la moelle cervico-dorsale (de la 3e vertèbre cervicale à la 9e vertèbre dorsale) suivie de paralysie flasque et d'abolition des réflexes, a été dressé en 1897 par A. Van Gehuchten (1). De toutes ces observations cliniques, auxquelles il avait contribué pour sa part, un fait indiscutable se dégageait, que le savant professeur de Louvain a mis en pleine lumière :

1° La *paralysie flasque* de tous les muscles qui reçoivent leur innervation du tronçon de la moelle située au-dessous de la lésion. Cette paralysie flasque ne fait jamais place à de la rigidité musculaire ni à de la contracture, malgré la dégénérescence secondaire des fibres des faisceaux pyramidaux. Le cas publié par Egger (sous les auspices de Hitzig) est à cet égard particulièrement démonstratif : la paralysie flasque avait persisté onze ans ; l'examen microscopique de la moelle a prouvé la sclérose des faisceaux pyramidaux. Ces observations cliniques confirment la manière de voir exprimée par Bastian, en 1882 ; elles viennent également à l'appui de l'opinion qu'a formulée van Gehuchten (2), opinion d'après laquelle l'exagération des réflexes, la rigidité musculaire et la contracture de l'hémiplégique et du spasmodique sont indépendantes de la dégénérescence des faisceaux pyramidaux ;

« 2° L'abolition complète et persistante des *réflexes rotuliens* et des *réflexes viscéraux* (vessie et rectum), ainsi que l'abolition des *réflexes cutanés superficiels* (crémastérien et abdominal), à l'exception du *réflexe plantaire* qui, généralement aboli, peut cependant persister, affaibli (cas de Kahler et Pick, Bowlby, Gerhardt), ou revenir (Bowlby). Le réflexe plantaire à la piqûre profonde persistait dans le cas d'Egger et dans deux cas de Bowlby. Cette abolition complète, persistante, des *réflexes tendineux, viscéraux* et *cutanés* (le réflexe plantaire excepté), va de pair avec l'*intégrité absolue des arcs réflexes* de la moelle lombo-sacrée. »

Ces faits d'observation clinique et anatomo-pathologique ruinaient les principes classiques sur lesquels reposaient toute la physiologie expérimentale des mouvements réflexes et toute la pathologie de la moelle épinière. Il était en effet admis que la paralysie flasque de tous les muscles du tronçon de la moelle inférieur au point de section transversale ou de lésion destructive quelconque de ce centre nerveux s'accompagnait d'une exagération considérable de tous les réflexes qui en dépendent. En outre, cette paralysie flasque faisait bientôt place à la rigidité musculaire et à la contracture dès que les fibres des cordons pyramidaux étaient envahies par la dégénérescence secondaire. Tous les réflexes des membres inférieurs ne seraient pourtant pas abolis, puisque, quoique affaibli ou disparu, le

(1) A. van Gehuchten. *Le mécanisme des mouvements réflexes*... Journal de neurologie, 1897.

(2) A. van Gehuchten. *L'exagération des réflexes et la contracture chez l'hémiplégique et chez le spasmodique*. Journal de neurol., 1897.

réflexe plantaire pourrait persister ou revenir. Van Gehuchten a fait ressortir l'importance de ce fait physiologique : il prouve que la moelle épinière de l'homme jouit d'une « certaine autonomie », et que ce réflexe peut se manifester sans que le tronçon lombo-sacré de ce centre nerveux soit de nécessité en connexion avec les parties supérieures du névraxe (1).

Ce n'est que depuis que Bastian en particulier attira l'attention (1890) sur la symptomatologie de quatre nouveaux cas de lésions transverses complètes de la moelle cervicale ou dorsale supérieure avec paralysie flasque et abolition des réflexes, comme dans ses trois cas de 1882, qu'un mouvement de réaction commença à s'étendre en Europe contre les doctrines traditionnelles. Ce ne fut pas la première fois que Bastian tira, lui aussi, les neurologistes anglais d'abord, puis ceux de l'ancien et du nouveau monde, du « sommeil dogmatique ». Comment Bastian, dont la théorie est aujourd'hui connue sous le nom de *théorie de* Jackson *et* Bastian, expliquait-il (1882, 1886, 1890), dans ces conditions, des phénomènes si extraordinaires ? Marinesco, dans ses *Lettres d'Angleterre* (2), expose ainsi la genèse de cette théorie. Jackson pense qu'à l'état normal le *cerveau* et le *cervelet* exercent une action antagoniste sur la musculature du corps : l'action du cervelet est continue, tonique ; celle du cerveau, au contraire, est intermittente et clonique. En raison même de cette continuité d'action du cervelet, son influence est prédominante sur les muscles à action plutôt automatique (muscles du tronc), le cerveau exerçant son action en première ligne sur les muscles des membres, muscles volontaires par excellence. *Que se produit-il*, par exemple, *dans un cas d'hémiplégie d'origine cérébrale* ? *L'action du cerveau étant supprimée, c'est l'influence du cervelet qui prédomine.* Il en résulte une *rigidité*, autrement dit un *état spasmodique des muscles privés de l'innervation corticale*. Thornburn (1892) compléta les observations cliniques et anatomo-pathologiques de Bastian : outre l'abolition des réflexes cutanés et tendineux, il observa celle des réflexes viscéraux. Comment Bastian interprétait-il cette abolition des réflexes ?

« Quand l'*influence cérébrale* est *seule* détruite, disait-il, on observe souvent de la *rigidité musculaire* et de l'*exagération des réflexes dans les muscles paralysés* ; mais,

(1) A. van Gehuchten. *État des réflexes et anatomie pathologique de la moelle lombo-sacrée dans les cas de paraplégie flasque dus à une lésion de la moelle cervico-dorsale.* Journal de neurol., 5 juin 1898.

(2) G. Marinesco. *Physiologie du cervelet et ses applications à la neuropathologie.* Semaine [illegible]

dès que *les autres connexions de l'encéphale avec la moitié inférieure de la moelle* sont également *détruites*, on constate l'*abolition de toute rigidité* (la paralysie est flasque) et l'*absence des réflexes* superficiels et profonds... L'exagération des réflexes et la contracture peuvent s'observer dans des cas où les faisceaux pyramidaux sont intacts ; il en est ainsi quelque temps après l'épilepsie jacksonienne ; il en est de même dans les cas de compression temporaire du cordon antéro-latéral, puis dans des troubles fonctionnels, hystériques ou autres. De plus, l'exagération des réflexes et la rigidité musculaire font défaut dans les cas de lésion transversale complète de la moelle cervico-dorsale, alors que les faisceaux pyramidaux sont certainement envahis par la dégénérescence. Dans les cas de lésion transversale complète de la moelle, le tonus musculaire est considérablement diminué, au point que les phénomènes qui dépendent de ce tonus (rigidité et exagération des réflexes) ne peuvent plus être produits. De ce fait, il n'y a que deux explications possibles :

1° Nous pouvons admettre que, dans les conditions ordinaires, le cerveau envoie à la moelle des impulsions vagues et diffuses, nécessaires à l'activité fonctionnelle propre des centres renfermés dans la moelle. Cette explication suffit pour interpréter les phénomènes négatifs : l'abolition des réflexes et l'abolition de la rigidité ; mais elle ne rend pas compte de ce phénomène positif : l'exagération des réflexes et la rigidité musculaire, ou la contracture, dans les cas où l'influence des hémisphères cérébraux est seule suspendue comme dans l'hémiplégie ;

2° Nous pouvons supposer que l'état spécial des muscles que nous appelons tonus musculaire est surtout dû à l'influence que le *cervelet* exerce sur les centres médullaires. Il est très possible que l'abolition de l'influence que l'écorce cérébrale exerce sur certaines parties de la moelle épinière permet à l'influence cérébelleuse d'exciter ces parties plus fortement que dans les conditions normales. Dans ces cas il s'agirait d'une action non contrebalancée de l'énergie cérébelleuse.

Par quelles voies s'exercerait cette action du cervelet sur la moelle, action *antagoniste* de celle du cerveau ? Il n'y a que deux routes possibles. Le faisceau en virgule de Schultze et une voie diffuse à travers la substance grise (1). »

Ainsi, l'*affaiblissement* ou la *suspension de l'action du cerveau sur la moelle épinière* entraîne, suivant Bastian, l'affaiblissement ou la suspension de l'influence inhibitrice qui régularise et modère l'influx du cervelet à travers les pédoncules cérébelleux moyens. *L'action du cervelet devient alors prédominante* ; elle produit l'exagération du tonus musculaire, cause de l'*exagération des réflexes* et de la *contracture*. Mais que, du fait d'une lésion transversale complète de la moelle cervico-dorsale, toute action du cerveau et du cervelet sur la moelle épinière soit à la fois supprimée : le tonus musculaire normal est affaibli, la paralysie flasque apparaît, les réflexes sont abolis.

Des faits cliniques et anatomo-pathologiques observés par Bastian, comme par Thornburn et par d'autres, il résultait donc, contrairement

---

(1) V. van Gehuchten. *L'exagération des réflexes et la contracture...* Journal de neurol., 1897.

aux principes reçus, qu'après une section transversale complète de la moelle cervico-dorsale (1), malgré la dégénération secondaire, descendante, de la voie des pyramides, il se produit une paralysie flasque avec perte des réflexes tendineux, puis cutanés, au-dessous de la lésion, et avec abolition persistante des réflexes lombaires de la vessie et du rectum, la moelle lombaire et les nerfs périphériques étant intacts à l'examen microscopique. BRUNS, à propos d'un cas de destruction totale (lésion traumatique) de la moelle cervicale inférieure (2), confirma de tous points la manière de voir de BASTIAN : les faits cliniques qu'il avait pu constater étaient « la preuve complète, manifeste, preuve qu'on avait demandée, de l'exactitude de la théorie de BASTIAN ». Sans s'engager au fond sur la vérité de l'interprétation, il estimait qu'en tout cas elle était en accord avec les faits.

BISCHOFF, dans un travail sur l'état des réflexes tendineux dans la myélite transverse (3), s'étant donné la tâche de rétablir l'harmonie entre les doctrines physiologiques traditionnelles et les faits observés pour la première fois par BASTIAN, comme l'avait tenté EGGER, et avec des arguments analogues, BRUNS met à néant les prétendues influences de choc traumatique et de paralysie fonctionnelle suivie de lésions trophiques et d'affections organiques : « Il faut s'en tenir, dit-il, à la doctrine de BASTIAN », ou de « JACKSON-BASTIAN », qu'il formule lui-même ainsi : « 1° l'entretien du tonus musculaire, condition des réflexes tendineux, relève du cervelet et se réalise par l'intermédiaire des cellules des cornes antérieures ; 2° le cerveau inhibe ce tonus ; 3° les lésions du cerveau doivent donc renforcer les réflexes tendineux ; 4° les lésions du cervelet peuvent les abolir ; 5° si le cerveau et le cervelet sont à la fois séparés de la moelle épinière, ils font défaut. »

Relativement à l'objection tirée de la différence des effets consécutifs à la section transversale complète de la moelle épinière cervicale ou dorsale supérieure chez les animaux, BRUNS répond encore qu'à son sen-

---

(1) Il en est de même des cas de *compression* de la moelle cervico dorsale. Mêmes symptômes cliniques que dans les cas de lésion transversale complète de la moelle. Le seul diagnostic différentiel réside dans les troubles de la sensibilité : « Aussi longtemps que la sensibilité persiste à n'importe quel degré, nous pouvons affirmer une lésion incomplète de la moelle. Dans les cas d'anesthésie complète, la lésion médullaire peut être considérée comme totale. » Une compression de la moelle cervico-dorsale peut aussi se manifester sous forme de paraplégie spasmodique ou de paraplégie flasque. V. VAN GEHUCHTEN. *Le Mécanisme des mouvements réflexes.* Journal de neurol., 1897, 15.

(2) BRUNS. *Ueber einen Fall totaler traumatischer Zerstörung des Rückenmarkes an der Grenze zwischen Hals-u. Dorsalmark.* Arch. f. Psych., 1893, XXV, 759-825.

(3) BISCHOFF. *Das Verhalten der Sehnenreflexe bei Querschnittsmyelitis.* Wiener klin. Wochenschr., 1896, IX Jahrg., 892.

timent il n'est pas extraordinaire que la contrariété des symptômes soit si grande, c'est-à-dire que, *dans l'homme, la section complète de la moelle épinière en ces mêmes régions paralyse, au lieu de l'exalter, l'activité réflexe de la moelle* : « Nous savons, écrit-il, que plus on s'élève dans la série animale, plus on voit diminuer l'indépendance et augmenter la dépendance par rapport au cerveau et à son *pallium* de tous les centres sous-corticaux, bulbaires et spinaux (1). »

La *contracture* du *spasmodique* et la contracture de l'*hémiplégique* ne sont comparables, selon VAN GEHUCHTEN, ni au point de vue *clinique*, ni au point de vue *anatomo-pathologique*. Et d'abord la cause n'est pas la même. Au point de vue *anatomo-pathologique*, l'hémiplégie est due à une lésion du faisceau pyramidal dans sa *partie cérébrale* ; dans le tabes spasmodique, il y a toujours lésion des fibres de ce faisceau dans sa *partie spinale*. Or, la structure du faisceau pyramidal n'est pas la même dans ces deux provinces du névraxe. Dans sa *partie cérébrale*, il est à la fois constitué de fibres cortico-spinales et de fibres cortico-ponto-cérébelleuses ; dans sa *partie spinale*, il n'est formé que de fibres cortico-spinales. Dans l'hémiplégie, l'écorce cérébrale étant complètement séparée des cellules radiculaires des cornes antérieures de la moelle, puisque le faisceau cortico-spinal et le faisceau cortico-ponto-cérébelleux, ou faisceau cortico-protubérantiel, sont lésés, le mal est bien plus profond que dans le tabes spasmodique, où la voie cortico-spinale est seule interrompue, la voie cortico-ponto-cérébelleuse continuant au contraire à relier l'écorce du télencéphale, par l'intermédiaire du cervelet, au reste du névraxe. Aussi, *cliniquement*, la contracture est le symptôme essentiel et de début de la lésion destructive des fibres des faisceaux pyramidaux ; elle n'est pas accompagnée de paralysie ; elle envahit tous les muscles ; le tonus musculaire est considérablement exagéré ; l'influence de la volonté, enfin, persiste jusqu'à un certain point sur les membres contracturés. Chez l'hémiplégique, au contraire, la contracture est tardive ou peut même faire défaut : ce n'est pas un symptôme essentiel, mais accessoire, de l'affection cérébrale. La contracture est toujours précédée et accompagnée de paralysie flasque ; elle n'envahit pas tous les muscles. Le tonus musculaire est des plus affaiblis. Enfin, les membres paralysés sont complètement soustraits à l'influence des centres corticaux de l'innervation volontaire. Ajoutez que, chez le spasmodique, le degré de la contracture varie avec l'état de repos et par l'effet des mouvements volontaires, des efforts pour marcher, par exemple, tandis que, chez l'hémiplégique, elle persiste la même dans ces différents états.

La contracture du spasmodique est une *contracture active* ; elle est l'expression clinique d'une exagération considérable du tonus musculaire normal, c'est-à-dire d'un état permanent d'excitation des cellules radiculaires de la corne antérieure de la moelle, des neurones moteurs périphériques que VAN GEHUCHTEN a dénommé *tonus nerveux*, état entretenu par l'afflux continu des incitations et inhibitions venant de quatre sources : 1° *fibres des racines postérieures* ; 2° *fibres cérébello-spinales* (2) ; 3° *fibres du faisceau longitudinal*

(1) Neurol. Centralbl., 1897, 73-77.

(2) Ces fibres descendent dans la partie antérieure du cordon latéral (MARCHI). BRUNS rappelle que LÖWENTHAL a également indiqué une voie analogue. Mais la connexion réalisée entre l'écorce du télencéphale et la protubérance annulaire se fait-elle au moyen de *fibres cortico-protubérantielles distinctes des fibres cortico-spinales* ? On admet généralement que ce sont les *mêmes* fibres cortico-

postérieur, faisceau moteur reliant les masses grises du mésencéphale et du rhombencéphale où se terminent les nerfs périphériques sensibles (tubercules quadrijumeaux, noyau sensitif terminal du trijumeau, de l'acoustique, du glosso-pharyngien et du vague) aux noyaux d'origine réelle de tous les nerfs moteurs (1); 4° *fibres cortico-spinales* ou fibres du faisceau pyramidal, exerçant sur les cellules radiculaires de la moelle l'action inhibitrice des cellules pyramidales du *pallium*. L'interruption de cette dernière voie, celle des fibres cortico-spinales, soustrait les neurones moteurs périphériques à cette inhibition. Ils sont donc livrés, sans frein antagoniste possible, aux stimulations des fibres radiculaires postérieures, des fibres cérébello-spinales et des fibres mésencéphaliques. L'effet immédiat est une exagération considérable du *tonus nerveux*, entraînant une exaltation correspondante et permanente du *tonus musculaire*, en d'autres termes, la *rigidité musculaire*, la *contracture*.

Pour quelle part chacune de ces trois dernières sources d'incitation contribue-t-elle à l'état de la *contracture des muscles*? Les *fibres radiculaires postérieures* n'y interviennent pas pour une part sensible : dans les cas de lésion transversale complète de la moelle cervico-dorsale, les cellules motrices ne recevant plus que les stimulations des fibres des racines postérieures, le tonus musculaire est manifestement affaibli. Il en est de même, au moins abandonnées à elles-mêmes, des fibres d'origine *cérébelleuse* et *mésencéphalique* : dans les cas de lésion des fibres de la *partie cérébrale* du faisceau pyramidal (hémiplégie), le tonus musculaire se trouve affaibli, malgré que persiste l'activité incitatrice des fibres radiculaires postérieures, des fibres cérébello-spinales, des fibres du faisceau longitudinal postérieur. L'exagération du *tonus musculaire* normal, constituant la *contracture active* du spasmodique, n'est donc ni un phénomène *spinal* (BRISSAUD, STRAUSS, ADAMKIEWICZ, ANTON, FREUD, etc.), ni un phénomène *cérébelleux* (JACKSON et BASTIAN) : c'est un phénomène d'origine cérébrale.

« Nous croyons, conclut VAN GEHUCHTEN, que l'écorce cérébrale est en connexion avec les cellules radiculaires de la moelle par deux voies nerveuses : une voie *directe* ou *cortico-spinale*, et une voie *indirecte*, *cortico-ponto-cérébello-spinale*. Quand la voie cortico-spinale est seule détruite (affections médullaires accompagnées de tabes spasmodique), on observe de l'exagération du tonus musculaire. Quand la voie cortico-ponto-cérébello-spinale est seule lésée (affections cérébelleuses), le tonus musculaire reste normal. Quand les *deux voies* nerveuses sont interrompues en même temps (hémiplégie, cas de lésion transversale complète de la moelle), le tonus musculaire est affaibli. *L'exagération du tonus musculaire nécessite donc, pour se produire, et l'interruption de la voie cortico-spinale et la conservation de la voie cortico-ponto-cérébello-spinale.* Le *cervelet* joue donc un certain rôle dans le mécanisme de l'exagération du tonus musculaire, mais ce n'est qu'un rôle d'emprunt. *L'influence du cervelet sur l'exagération du tonus lui vient entièrement de l'écorce cérébrale.* »

En résumé, la *contracture* du spasmodique, résultat de l'exagération du tonus mus-

---

spinales qui, en traversant la protubérance, abandonnent seulement des collatérales aux masses grises du pont dont les cellules autonomes reçoivent ainsi par leurs dendrites les courants nerveux descendus de l'écorce cérébrale qu'ils transmettent, par leurs axones, à l'écorce du cervelet. C'est l'hypothèse la plus probable. En tout cas, la *paralysie flasque* et l'*exagération des réflexes* de l'hémiplégie véritable résultent toujours d'une lésion et du faisceau *cortico-spinal* et du faisceau *cortico-protubérantiel*.

(1) V. VAN GEHUCHTEN. *Anatomie du système nerveux de l'homme*. Louvain, 1897, 869-74.

culaire, est l'effet de l'interruption des courants de la *voie directe cortico-spinale* aux cellules radiculaires de la moelle, soustraites ainsi à l'action inhibitrice, au frein d'arrêt, des neurones du télencéphale qui sont les cellules d'origine des fibres du faisceau pyramidal, et abandonnées aux stimulations des fibres constitutives de la *voie indirecte cortico-ponto-cérébello-spinale*.

La *contracture* posthémiplégique a, selon VAN GEHUCHTEN, une tout autre pathogénie. Dans les atrophies abarticulaires, atrophies réflexes, résultant de l'irritation des terminaisons nerveuses périphériques transmise par les nerfs sensitifs à la moelle, et déterminant dans les cellules radiculaires des troubles de nutrition qui retentissent sur le trophisme des muscles, on ne constate pas seulement de l'atrophie, prédominante dans les muscles extenseurs, moins accusée dans les muscles fléchisseurs environnant l'arthrite ; on observe aussi de la *contracture* : « l'avant-bras se fléchit sur le bras à la suite d'une arthrite du coude ; le bassin se fléchit sur la cuisse dans la coxalgie ; la jambe se fléchit sur la cuisse dans la tumeur blanche du genou, etc. Ces contractures consécutives à des lésions articulaires sont dues pendant un certain temps à la prédominance d'action des muscles fléchisseurs vis-à-vis des muscles extenseurs plus profondément atrophiés. Ce qui le prouve, c'est que dans le sommeil chloroformique les muscles se relâchent et la contracture disparaît. Mais quand la prédominance d'action des fléchisseurs a duré un temps plus considérable, les muscles contracturés subissent des modifications profondes qui sont suivies de rétractions fibreuses ; à partir de ce moment la contraction devient permanente. Ce qui se passe dans le groupe des muscles fléchisseurs moins atrophiés que les muscles extenseurs, à la suite de lésions articulaires, se passe également, à notre avis, ajoute VAN GEHUCHTEN, dans les muscles *fléchisseurs* d'un hémisphère moins profondément paralysés que les muscles *extenseurs*. » La contracture posthémiplégique diffère d'ailleurs de la contracture abarticulaire par l'absence ordinaire des altérations du tissu musculaire aboutissant aux rétractions fibreuses : la chaleur, l'application de la bande d'ESMARCH, en faisant momentanément cesser la contracture, montrent bien ici l'absence complète de rétraction : « les muscles contracturés conservent leur structure normale. » Aussi bien, chez l'hémiplégique, la contracture, après avoir duré des années, peut finir par disparaître pour faire place à de la paralysie flasque avec atrophie, suite de lésions des neurones radiculaires.

Mais si la *contracture* posthémiplégique est bien l'effet d'une contraction musculaire, elle n'est pas la conséquence de l'irritation exercée par les fibres dégénérées ou sclérosées des faisceaux pyramidaux sur les neurones radiculaires : elle est « la conséquence immédiate de la paralysie *incomplète* des fléchisseurs ». Mais si ces muscles sont incomplètement

paralysés, il faut que la cause de l'hémiplégie, l'hémorragie capsulaire, n'ait pas détruit *toutes* les fibres corticales destinées au *membre supérieur*. Le *nombre* et la *position* topographique des fibres du faisceau pyramidal dans leur trajet à travers le segment postérieur de la capsule interne expliquent, selon VAN GEHUCHTEN, toutes les variations observées dans les contractures posthémiplégiques : « Si, en effet, l'hémorragie détruit *toutes* les fibres capsulaires destinées au membre supérieur, par exemple, la paralysie consécutive se montrera au même degré dans le groupe des muscles *extenseurs* et dans le groupe des muscles *fléchisseurs*. Cette hémiplégie restera *flasque*. Si, au contraire, l'hémorragie respecte quelques-unes des fibres capsulaires destinées aux membres supérieurs, la *paralysie* n'envahira pas au même degré tous les muscles correspondants : si elle prédomine dans le groupe des muscles extenseurs, la contracture amènera le type de flexion ; si, au contraire, elle prédomine dans le groupe des muscles fléchisseurs, la contracture amènera le type d'extension. »

Le mécanisme physiologique d'un mouvement réflexe implique deux conditions indispensables : 1° l'intégrité anatomique et fonctionnelle de l'axe nerveux réflexe ; 2° un certain degré de tonus nerveux des cellules motrices.

Soit le *réflexe rotulien* ou *phénomène du genou*. Si l'on percute le ligament rotulien chez un sujet dont les fibres *cortico-spinales* sont interrompues (sclérose des faisceaux pyramidaux), la contraction réflexe du quadriceps crural sera beaucoup plus énergique qu'à l'état normal : le tonus musculaire sera exagéré (*hypertonie des cellules motrices*). Au contraire, si les fibres *cérébello-spinales* et *mésencéphaliques* sont lésées en même temps que les fibres *cortico-spinales* (lésion transversale complète de la moelle), la contraction réflexe du quadriceps crural fera complètement défaut : le tonus musculaire sera aboli (*hypotonie* ou *atonie des cellules motrices*). « Dans les deux cas, l'excitation périphérique a été transmise aux cellules motrices de la moelle ; la lésion des faisceaux pyramidaux, dans l'un de ces cas, n'a fait qu'augmenter le tonus nerveux, et la contraction a été énergique ; dans l'autre cas, la lésion transversale complète de la moelle a affaibli trop considérablement le tonus normal des cellules motrices pour que l'excitation transmise par les fibres radiculaires postérieures puisse produire une décharge musculaire (1) ». Il en est ainsi pour tous les réflexes de n'importe quelle partie du névraxe, réflexe plantaire, réflexe crémastérien, réflexe abdominal, etc. La lésion des faisceaux pyramidaux exagère les réflexes ; la section transversale complète de la moelle abolit, chez l'homme, les réflexes de la moelle lombo-sacrée, malgré l'intégrité anatomique et fonctionnelle des arcs réflexes correspondants, parce que la lésion transversale complète de la moelle cervico-dorsale « soustrait les cellules motrices de la moelle lombo-sacrée à l'influence qu'exercent sur elles les fibres *cortico-spinales* et les fibres d'origine *cérébelleuse* et *mésencéphalique* et qu'elle entraîne

---

(1) VAN GEHUCHTEN. *Le mécanisme des mouvements réflexes* (1897), p. 32.

ainsi un affaiblissement considérable du *tonus normal* de ces cellules motrices. La production des mouvements réflexes de la moelle lombo-sacrée reste cependant *possible* ». Là où une excitation faible, le chatouillement de la plante des pieds, ne suffit pas pour relever ce tonus, une excitation forte, la piqûre profonde et douloureuse de la peau du membre inférieur, l'exalte jusqu'à provoquer une décharge subite des muscles paralysés. Peut-être, chez les mammifères et surtout chez les vertébrés inférieurs, l'efficace des excitations continues amenées aux cellules motrices par les fibres radiculaires postérieures suffit-elle pour produire, avec un certain tonus musculaire, la possibilité de la conservation des réflexes tendineux et de l'exagération des réflexes cutanés. Chez l'homme, la part qui revient aux stimulations des fibres radiculaires postérieures dans la production du tonus nerveux des cellules motrices n'est pas suffisante, comme l'enseigne l'étude des myélites transverses, où, du fait de la lésion (destruction ou compression de la moelle cervico-dorsale), les inhibitions et les stimulations centrales projetées du télencéphale, du mésencéphale et du cervelet n'arrivent plus aux neurones radiculaires. Si, dans un cas de compression, les fibres cortico-spinales sont seules atteintes, il y aura paraplégie spasmodique avec exagération de tous les réflexes. Si la compression augmente, si elle affecte également les fibres d'origine cérébelleuse et mésencéphalique, la paraplégie spasmodique sera transformée en paraplégie flasque avec abolition de tous les réflexes. Si la compression augmente encore, des troubles d'hypesthésie allant jusqu'à l'anesthésie complète apparaîtront enfin. La compression vient-elle à diminuer, on assiste au retour des fonctions dans l'ordre inverse, naturellement s'il n'est point survenu de lésions de déficit des neurones et de leurs prolongements : les troubles de la sensibilité disparaissent les premiers, les fibres cérébello-spinales et celles du faisceau longitudinal récupèreront leur conductibilité, et, si le rétablissement des courants est brusque, de flacide la paraplégie peut redevenir spasmodique ; sinon, les différents réflexes plantaires, rotuliens, etc., réapparaissent successivement. A son tour, la paraplégie spasmodique disparaîtra avec la disparition de la compression. Ainsi, d'un jour à l'autre, l'état des réflexes et de la sensibilité peut varier d'une manière correspondante à celui de la compression de la moelle.

De ces faits d'observation clinique et anatomo-pathologique sur la pathogénie de la *contracture* dans les affections du système nerveux central, VAN GEHUCHTEN a dégagé la belle généralisation physiologique suivante :

Loi de l'action inhibitrice. — La zone motrice de l'écorce grise du *cerveau terminal* exerce une action inhibitrice sur les centres moteurs inférieurs, et cela par l'intermédiaire des fibres *cortico-spinales*. L'écorce grise du *cervelet* et les masses grises du *mésencéphale* et du *rhombencéphale* transmettent, d'une façon constante, une action excitatrice aux cellules motrices de la corne antérieure ; cette action s'exerce par l'intermédiaire des fibres *cérébello-spinales* et des fibres du *faisceau longitudinal postérieur*. Quand l'action inhibitrice de l'écorce du cerveau se trouve affaiblie ou suspendue complètement, par une interruption anatomique ou fonctionnelle des fibres *cortico-spinales*, on observe de la *rigidité musculaire*, accompagnée d'une *exagération considérable de tous les réflexes* qui dépendent de la partie du névraxe située en dessous du siège de la lésion. Quand cette interruption anatomique ou fonctionnelle atteint également les fibres d'origine *cérébelleuse* et *mésencéphalique*, on observe la *paraplégie flasque* de tous les membres qui dépendent du tronçon inférieur de la moelle, ainsi que l'*affaiblissement* et même l'*abolition de tous les réflexes* correspondants.

Le *shok* résultant de la section de la moelle épinière dans la région cervicale détermine, chez le singe, un état complet de flaccidité des extrémités inférieures et l'abolition de tous les réflexes (1). Vingt minutes environ après l'opération les réflexes cutanés reparaissent, quelquefois d'abord le réflexe croisé du genou, puis le réflexe plantaire, et tous les autres. A l'exception de quelques cas très rares, les réflexes rotuliens manquent des jours et des semaines après la section de la moelle. Le réflexe vésical se rétablit ; le tonus du *sphincter ani* est conservé ; la défécation est normale. En somme, après une section totale de la région supérieure de la moelle épinière, les réflexes, cinq mois plus tard, sont encore faibles et s'épuisent rapidement, quoiqu'il existe aussi à cet égard de grandes différences individuelles. En tout cas, le *singe* paraplégique diffère très fort du *chien* et du *chat,* dont les réflexes tendineux et cutanés, après la même opération, deviennent aussitôt énormément intenses et déterminent des états spasmodiques. Le chien diffère moins de la grenouille, à cet égard, que du singe, dont il est pourtant bien plus près (2). Les différences ne sont que quantitatives, non qualitatives. Il est encore possible, chez le singe aussi, après la section totale de la moelle, de provoquer tous les réflexes en excitant les racines nerveuses.

Après l'action d'arrêt du *shok* qui suit immédiatement, chez le singe, la section totale de la moelle épinière, des phénomènes de déficit durables persistent, qui sont beaucoup plus considérables chez ce mammifère que chez les autres animaux. Tandis que l'effet du choc s'évanouit peu à peu, les phénomènes de déficit augmentent. *En fait, l'état tout entier du singe paraplégique ressemble beaucoup à celui qu'ont fait connaître, chez l'homme, les recherches de* BASTIAN, *de* BRUNS, *de* VAN GEHUCHTEN, etc., relativement, et d'une manière spéciale, à l'*absence des réflexes* et des *contractures.* La seule différence, c'est que les effets du *shok* et les phénomènes de déficit consécutifs à « l'isolation » de la moelle épinière du cerveau, sont beaucoup plus intenses et plus durables chez l'homme que chez le singe, phénomène qui s'explique de soi-même par la structure et les fonctions plus hautement différenciées de la moelle épinière de l'homme. Les lésions réalisées par la maladie sont aussi plus grossières et plus complexes. Voilà pourquoi, chez l'homme, après la section totale de la moelle épinière,

---

(1) C. S. SHERRINGTON. *Experiments in examination of the peripheral distribution of the fibres of the posterior roots of some spinal nerves.* P. II. Philos. Trans. of the R. Soc. of Lond. Sér. B, 1898, vol. CXC, 45-186. D'après le référat de L. BRUNS. Neurol. Centralbl., 1898, 1041-1046.

(2) BRUNS avait déjà appelé l'attention sur ce que de pareilles différences ont en soi de naturel et de possible, dans ces conditions, entre le chien et l'homme. Neurol. Centralbl., 1897, 77.

les *réflexes tendineux* ne reparaissent plus, et que les *réflexces cutanés* eux-mêmes, dans un petit nombre de cas, peuvent demeurer abolis.

Sans faire grand état des explications reçues, MUNK commence par remarquer que chez la plupart des mammifères qui servent aux expériences de laboratoire (chiens, chats, lapins, etc.), la contracture ne se produit pas, et que, chez ceux où elle se montre (singes), elle peut manquer quelquefois. Les contractures étudiées par MUNK sont exclusivement déterminées par des lésions de l'écorce et de la substance blanche cérébrale des sphères sensitives : elles apparaissent dans les parties du corps subordonnées à ces régions. Chez les singes, il existe deux sortes de contractures tout à fait différentes : les unes assez rares, les autres très communes.

Dans les premières, qui peuvent être précoces ou tardives, les muscles affectés ne sont jamais ceux d'une extrémité tout entière, mais une partie seulement de ces muscles, d'ailleurs fort différents les uns des autres, formant des combinaisons diverses et successives et appartenant rarement à deux groupes antagonistes. Dans quelques cas, la contracture qui avait cessé et même disparu lorsque le singe restait complètement en repos, reparaissait à l'ébauche du moindre mouvement. Ces contractures ont toujours persisté jusqu'à la mort du singe, laquelle a lieu au plus tard dans la troisième semaine. Jamais on ne les observe après l'extirpation totale ou presque totale des régions des extrémités : il reste toujours, quand elles se produisent, une portion plus ou moins considérable de ces régions, et ce sont toujours des muscles dont la contractilité peut être provoquée par l'excitation électrique de cette partie qui se contracturent. Toujours aussi le mauvais état des blessures du cerveau a été constaté. Ces contractures résultent donc d'irritation de la substance cérébrale à proximité des points d'extirpation dans les blessures septiques. Dans les cas de contractures passagères, la cicatrice avait eu lieu *per primam*. Le siège de l'irritation est uniquement la substance grise de l'écorce. Autrement, dit MUNK, on ne s'expliquerait pas qu'après l'extirpation totale des régions des extrémités il n'y ait jamais de contracture, quoique la substance blanche sous-jacente soit conservée, ni qu'après des extirpations partielles les muscles qui ne peuvent plus être actionnés par l'écorce demeurée indemne ne se contracturent jamais. Par conséquent, ces contractures doivent être appelées *contractures par excitation corticale* (*Rindenreizcontracturen*).

L'autre sorte de contractures, la plus fréquente, est, au contraire de la première, caractérisée par le raccourcissement des muscles, par leur extensibilité très diminuée ou nulle. Quoiqu'une partie seulement des muscles des extrémités soit affectée, ici aussi, ce sont toujours les mêmes

muscles : ces contractures, qui n'apparaissent qu'après cinq ou six semaines, voire plusieurs mois après l'opération, ne rétrocèdent jamais; on ne les observe que dans les cas d'ablation très étendue ou totale des régions des extrémités, non après de petites extirpations, ni surtout lorsque la blessure a guéri *per primam*. Et pourtant ces contractures cessent lorsque les singes, au lieu de rester immobiles et pressés dans les cages, assis ou accroupis comme y sont accoutumés les macaques, vont et viennent, courent, grimpent, etc. Par l'extirpation totale des régions des extrémités, ce que le singe a perdu, ce sont les mouvements isolés et indépendants, on le sait, de ces extrémités, non les mouvements associés ou d'ensemble, les réflexes communs ; ces mouvements persistent, en effet, quoiqu'ils s'exécutent avec moins d'adresse qu'auparavant, surtout ceux des extrémités supérieures.

C'est donc lorsque ces singes demeurent immobilisés dans la position qui leur est habituelle que se produit le raccourcissement des muscles considérés : « Comme les contractures n'apparaissent que sur ces muscles, et uniquement sur ces muscles, écrit Munk, elles résultent bien d'un raccourcissement lié à la position gardée par le macaque assis ou accroupi ; ce raccourcissement des muscles persiste pour toujours. » On peut donc à volonté provoquer ou empêcher ces contractures : il suffit de tenir les singes dans des cages étroites ou de les laisser en liberté. Si une des deux extrémités est contracturée, il suffit pour préserver l'autre du même accident de faire sortir l'animal de sa cage et de l'exciter à marcher, à courir, etc. Chez le singe maintenu en cage, on peut empêcher les contractures d'apparaître en faisant faire chaque jour des mouvements d'extension aux muscles menacés. On s'explique maintenant que les physiologistes, après des extirpations étendues de l'écorce cérébrale des régions des membres, aient constaté tantôt l'existence, tantôt l'absence de contractures des extrémités opposées. Des protocoles des expériences de David Ferrier et de Yeo, de Horsley et de Schäfer, il résulte que les singes laissés en repos dans les cages après l'opération ont été trouvés contracturés. Au contraire, dans ses anciennes expériences, où les singes étaient presque chaque jour tirés de leurs cages pour être soumis à des examens répétés, Schiff n'observa pas de contractures ; mais, quand ce physiologiste ne fut plus aussi curieux d'examiner ses singes, ils se contracturèrent : Schiff parle du moins d'atrophie musculaire considérable. Chez les singes sans contracture, l'atrophie des muscles des extrémités intéressées demeure, même après plusieurs mois, toujours modérée ; elle est considérable chez les autres, et cela dès les premiers temps où les contractures se montrent.

L'*atrophie musculaire* chez les singes non contracturés, c'est une pure atrophie d'inactivité due à l'absence des mouvements intentionnels ou isolés ; chez les singes contracturés, c'est l'effet du manque d'exercice des mouvements associés ou d'ensemble des extrémités. Cette seconde espèce de contracture, Munk la désigne du nom de *Defectcontracturen :* elles ne sont plus, comme les premières, causées par l'irritation de l'écorce cérébrale, mais par une lésion de *déficit* de cette écorce, par une perte de substance du cerveau.

Toutes ces conclusions, empruntées à la physiologie expérimentale, Munk estime qu'il a le droit de les appliquer à l'homme. Il existe, chez l'homme comme chez le singe, des *contractures par irritation de l'écorce*

cérébrale et des *contractures par perte de substance* du manteau du cerveau antérieur. Aux premières appartiennent les contractures précoces ou primitives, spasmodiques ou actives, aux secondes les contractures secondaires, paralytiques ou passives. A la vérité les deux espèces de contractures ne sont pas toujours aussi distinctes chez l'homme que chez le singe. Si les contractures de la seconde espèce affectent chez l'homme d'autres muscles que chez le singe, la cause en est dans la situation différente, dans l'attitude, libre ou forcée, que prennent à l'état de repos les muscles des extrémités lésées de l'homme.

Pourquoi les contractures se produisent-elles chez l'homme et chez le singe, non chez le chien, le chat, le lapin ? La raison en est différente selon que l'on considère l'une ou l'autre espèce de contractures. L'excitabilité diverse du système nerveux de ces mammifères, voilà la cause principale de ces variations. Très excitable chez le chien et le chat, le système nerveux central l'est peu chez le lapin : il n'est dans l'homme et le singe que de « moyenne excitabilité ». Il suit que, chez ces derniers, quant à la première espèce de contractures, des irritations persistantes de l'écorce cérébrale ne déterminent, tant qu'elles sont modérées, que des contractures ; lorsqu'elles sont intenses, des attaques d'épilepsie. Chez le chien et chez le chat, les attaques d'épilepsie résultent toujours d'excitations, même modérées, de l'écorce, si elles sont durables. Chez le lapin, les contractures apparaissent aussi peu que les convulsions épileptiformes après de fortes excitations de l'écorce cérébrale. Enfin, pour ce qui a trait aux contractures de la seconde espèce, il est permis de les écarter *a priori* pour le chien, le chat et le lapin : après l'extirpation totale des régions des extrémités, c'est tout au plus si, dans les premiers jours, ces mammifères éprouvent quelque empêchement dans la marche, la station, etc., car les mouvements associés ou d'ensemble persistent et ne diffèrent pas ou ne diffèrent guère de ce qu'ils étaient avant cette opération.

Cette théorie des contractures de H. Munk doit être, il me semble, rapprochée de celle qu'a donnée naguère lui-même J. Thomsen de la maladie qui porte son nom. Dans la *maladie de* Thomsen, appelée par Strümpell *myotonia congenita,* les muscles entrés en état de contraction, de raideur spasmodique extrême, ne peuvent pas être relâchés volontairement. Sous l'influence d'une action intentionnelle, d'une émotion, du froid, d'un heurt accidentel en marchant, etc., une « sensation de choc électrique parcourt tout le corps », dit Thomsen, et va retentir, soit sur un territoire musculaire déterminé, soit, se généralisant, sur toute la musculature, contractée spasmodiquement : le corps entier devient raide, le sujet tombe, n'importe où, sur la voie publique, etc., comme dans l'épilepsie, quoique celle-ci soit inconnue dans la famille de Thomsen, où

l'affection dont nous rappelons le principal symptôme est héréditaire. Déjà THOMSEN avait indiqué le rapport des états psychiques avec la provocation des phénomènes myotoniques. THOMSEN rappelle que, par l'effet de certaines influences morales, on observe, dans l'expression de la pensée, un empêchement comparable à celui qui se produit dans les muscles au moment de leur mise en activité, par exemple dans la *myotonia congenita*. L'hésitation et l'embarras de la parole au début d'un discours, l'impossibilité fréquente de continuer, etc., s'expliquent par un état spasmodique des muscles du langage. L'interruption, l'arrêt des pensées, se trouvent liés à un sentiment d'anxiété aussi violent que celui qu'éprouve le malade lorsqu'il est sur le point de tomber par le fait de la raideur spasmodique, de l'excessive tension de ses muscles volontaires. THOMSEN estime donc aujourd'hui que, dans cette affection familiale, héréditaire (quoiqu'elle saute souvent plusieurs générations), il s'agit d'une innervation défectueuse, de cause centrale, de la musculature, dérivant de l'écorce du cerveau. NONNE a observé un enfant de huit ans, souffrant, depuis la première enfance, de troubles musculaires de nature myotonique, troubles d'ailleurs variables avec les jours et les semaines. Sous l'influence d'excitations psychiques, par exemple, quand l'enfant, très anxieux, se sentait observé, les troubles passaient à l'état aigu et de véritables attaques du mal éclataient. Sous l'influence du froid aussi, tel malade, tout à coup, ne peut ni marcher, ni déglutir, ni même modifier la direction de son regard. Or, avec la chaleur, l'*exercice musculaire continu* paraît à THOMSEN le moyen le plus capable d'amender ces états spasmodiques des muscles (1).

Doctrine de Tamburini et de Luciani sur la constitution de la zone dite sensitivo-motrice. — Frappé de la force des arguments des deux théories sensitive et motrice sur la nature des centres de l'écorce cérébrale en rapport avec les fonctions des mouvements et de la sensibilité générale des différentes parties du corps, TAMBURINI avait cherché, dès 1876, la conciliation des doctrines adverses dans une sorte de théorie éclectique. Déjà, d'ailleurs, HITZIG avait vaguement indiqué que la zone excitable de l'écorce cérébrale devait renfermer à la fois des éléments nerveux en rapport avec les mouvements volontaires des différents groupes musculaires et avec la perception des impressions sensibles de la périphérie (2). HITZIG aurait déjà pu admettre la nature mixte ou sensitivo-motrice de cette

---

(1) J. THOMSEN. *Nachträgliche Bemerkungen über Myotonia congenita* (STRÜMPELL). *Thomsen'sche Krankheit.* Arch. f. Psych., XXIV, 1892, p. 918 sq.

(2) *Unters. über das Gehirn*, 1874, 31.

zone : on chercherait en vain dans l'œuvre du physiologiste allemand la confirmation explicite de cette interprétation. La constance des mouvements localisés produits par l'excitation électrique de régions déterminées de l'écorce, la localisation des convulsions et des paralysies d'origine corticale, plaidaient fortement, aux yeux de Tamburini, pour la nature motrice de ces centres. D'autre part, les phénomènes d'ataxie et d'anesthésie qui suivent l'ablation de ces mêmes régions ne témoignaient pas moins en faveur de la nature sensitive de ces territoires corticaux.

Dans ce domaine de la sensibilité générale, quelle était donc la fonction physiologique des cellules nerveuses de l'écorce cérébrale ? Sentir et percevoir les excitations centripètes, transmises par l'appareil spinal, et les transformer en impulsions motrices volontaires. « Il doit exister nécessairement, écrivait Tamburini, des points qui sont le siège primitif où l'excitation sensitive, devenue perception consciente, se transforme en impulsion motrice. » Ces points devaient être en grand nombre et en rapport spécial avec les différentes régions du corps. Tamburini admettait donc comme très probable que ces « points premiers de transformation sensitivo-motrice correspondaient précisément aux centres corticaux étudiés » par les auteurs. Ainsi, « chacun de ces centres devait être à la fois un foyer de réception et de perception des excitations sensitives provenant d'une partie donnée du corps, et le point de départ du stimulus centrifuge volontaire allant aux muscles de cette partie. » (1) La production directe des mouvements localisés s'expliquait alors aussi bien que la perte de la sensibilité. Dans le premier cas, le courant électrique était l'équivalent du courant nerveux; dans l'autre, l'ablation des centres abolissait la perception des impressions périphériques.

Dans le mémoire publié avec Luciani, *Sui centri psico-sensori corticali* (2), Tamburini a étendu aux centres de la vision et de l'audition l'hypothèse qu'il avait appliquée à ceux de la zone excitable : celle-ci n'est plus confinée, d'ailleurs, à la « zone motrice », car les effets de l'électrisation des régions sensorielles de l'ouïe et de la vue « ne diffèrent en rien de ceux qu'on observe en excitant les centres moteurs de la zone de Hitzig ». Les mouvements du pavillon de l'oreille et des muscles oculo-palpébraux qu'on détermine en excitant les régions sensorielles correspondantes ne sont sans doute pas de nature réflexe (Ferrier); ils impliquent plutôt l'existence, dans ces aires sensorielles, d'éléments moteurs, soit confondus avec les cellules de la sensibilité spéciale, soit groupés et isolés en nids.

---

(1) *Contribuzione alla fisiologia e patologia del linguaggio. Reggio-Emilia*, 1876, 33.
(2) *Riv. speriment. di fren.*, V, 1879, 47, 70.

Les impressions périphériques des sens spécifiques, parvenues à ces centres, s'y transforment aussi en impulsions motrices volontaires des muscles des organes de ces sens. On peut également provoquer un accès d'épilepsie générale en excitant ces centres sensoriels avec un courant d'une durée et d'une intensité suffisantes; si l'on excite, par exemple, la zone de l'audition, les convulsions débutent par le pavillon de l'oreille du côté opposé.

En 1880, Luciani déclarait que l'étude des faits l'avait amené à une notion peut-être moins précise que celle qui ressort des expériences de Ferrier, mais certainement plus vraie, moins exclusive, des localisations cérébrales. La surface du cerveau ne doit pas être divisée en zones distinctes de la sensibilité et du mouvement : « Nous croyons, disait-il, que les centres moteurs et les centres de sensibilité qui concourent à l'effectuation d'une fonction complexe sont confondus (*commisti*) ou très rapprochés dans l'écorce cérébrale. » Avec Seppilli, Tamburini avait constaté que les effets qui suivent la destruction d'un centre moteur cortical ne consistent pas uniquement en une paralysie ou une parésie du mouvement, mais aussi en une altération plus ou moins nette des diverses formes de la *sensibilité cutanée* et *musculaire*; il avait vérifié l'existence des phénomènes décrits par Munk : seulement, ces paralysies de la motilité, il ne les attribuait pas à des paralysies de la sensibilité générale, à la perte des images ou représentations qui doivent précéder l'exécution de tout mouvement volontaire ou intentionnel, bref, à des paralysies psychiques. Luciani soutenait que, mêlés aux vrais centres moteurs des différents groupes musculaires, et fonctionnant simultanément, il existe dans l'écorce des centres de sensibilité cutanée et musculaire, des centres sensitivo-moteurs. Et de même qu'il existerait des centres moteurs confondus avec les centres sensoriels de la vue et de l'ouïe, il existerait, confondus avec les centres moteurs de la zone excitable, des centres de sensibilité générale : « Les centres moteurs, disait Luciani, ne se trouvent pas localisés dans l'aire corticale appelée jusqu'ici « zone motrice », dénomination à abandonner, puisque cette zone n'est pas exclusivement motrice. Toutes les différentes régions de l'écorce sont, à des degrés divers, semées de *centres moteurs spéciaux*. Pour être sûr d'avoir détruit tous les centres moteurs, il faudrait enlever toute l'écorce cérébrale. »

L'expression de pareilles idées chez les auteurs italiens, de 1876 à 1881, nous paraît bien digne d'être remarquée. Elles n'avaient pas encore de base anatomique suffisante; elles manquaient des solides fondements que les grandes études histologiques de Golgi devaient leur apporter. L'hypothèse de Tamburini nous apparaît d'autant plus géniale. Les idées théoriques d'Albertoni sur la nature fonctionnelle des centres moteurs sont aussi

en accord avec celles de TAMBURINI, dont il adopte l'hypothèse. Il en résulte que la dénomination d'aire psycho-motrice appliquée, d'une manière spéciale, à la région rolandique, si elle a été utile en clinique, ne lui paraissait plus fondée au point de vue physiologique, car le cerveau tout entier, et non pas seulement une certaine région, participe plus ou moins à la production des mouvements volontaires. La vie psychique, qui se manifeste par les mouvements les plus variés, n'a-t-elle pas pour substratum anatomique toute l'écorce cérébrale? Toutefois, avec VULPIAN, ALBERTONI admettait que, partie des points les plus différents de l'écorce, l'impulsion motrice volontaire devait passer par certaines régions plus particulièrement considérées comme motrices pour atteindre les faisceaux en rapport avec les noyaux gris moteurs du bulbe et de la moelle épinière. Ces régions ne seraient d'ailleurs qu'indirectement motrices : elles ne provoqueraient des mouvements que par l'intermédiaire de centres directement moteurs.

Si nous considérons les résultats des expériences célèbres de LUCIANI sur les centres corticaux de la sensibilité et de la motilité volontaire, voici ce qu'on en peut dire :

I. Dans aucune des expériences d'ablation totale ou partielle de la zone dite motrice les troubles les plus nets de la sensibilité générale n'ont manqué, associés à ceux de la motilité volontaire : la *sensibilité tactile* s'est constamment montrée la plus altérée; les *sensibilités à la douleur* et à la *température* étaient aussi diminuées, et, dans les premiers jours, quelquefois abolies. Quant au *sens* ou à la *conscience musculaire,* dont le principal trouble se manifeste par l'indifférence absolue ou relative de l'animal dont on place les membres dans des positions anormales (HITZIG, MUNK, NOTHNAGEL), LUCIANI l'a trouvé aussi souvent altéré ou même aboli que la sensibilité cutanée. La durée des désordres fonctionnels varie avec l'étendue des lésions.

II. Les phénomènes de déficit consécutifs à l'extirpation circonscrite de différentes aires corticales motrices d'un hémisphère ne sont pas limités exclusivement aux parties du corps correspondant au siège de la lésion centrale : les paralysies s'étendent plus ou moins à d'autres parties du corps, quoique les phénomènes soient plus nets et plus accusés dans les territoires périphériques dont le centre cortical a été détruit en tout ou en partie (1).

Il résulte de ces expériences que si, pour délimiter exactement un

---

(1) L. LUCIANI. *Le Localizzazioni funzionali del cervello*. Napoli, 1885, 252. Cf. JULES SOURY. *Les Fonctions du cerveau* (Paris, 2e éd., 1892). II. Doctrines de l'École italienne, 147-402.

centre quelconque de la zone excitable, on se fonde, non sur les réactions motrices des excitations électriques, mais sur les effets des destructions partielles de l'écorce, on échouera. Cette *extension des lésions fonctionnelles* du mouvement et de la sensibilité générale dépend-elle de phénomènes d'arrêt ou de phénomènes de déficit? Est-elle due au retentissement passager des suites du traumatisme opératoire sur les parties voisines de l'aire corticale extirpée, ou à la circonstance que les différents centres corticaux sont si étroitement « engrenés » entre eux, qu'il est impossible d'en détruire un sans en léser fatalement plusieurs autres? Les auteurs italiens adoptèrent décidément la dernière hypothèse. La méthode des extirpations ne permettait pas de localiser nettement les différents centres sensitivo-moteurs de la zone excitable, attendu que ces centres, comme ceux de la sensibilité spéciale (vue, audition, etc.), étaient étroitement unis et « engrenés » entre eux. Voici comment on pouvait se représenter, suivant Luciani, la topographie de l'aire sensitivo-motrice. Toute la partie antérieure du cerveau fait certainement partie de cette aire : elle comprend donc le *lobe frontal,* depuis la pointe des hémisphères jusqu'au sillon crucial, et la moitié antérieure du *lobe pariétal,* représentée par la région postcruciale du gyrus sigmoïde et par les segments correspondants de la deuxième et de la troisième circonvolution externe. Mais l'aire sensitivo-motrice, en particulier pour ce qui a trait aux impressions tactiles, n'est pas circonscrite aux régions antérieures du cerveau : elle rayonne et s'irradie aux régions postérieures; elle s'unit et « s'engrène » avec les centres de la sensibilité spéciale, avec les sphères de la vision, de l'audition et de l'olfaction. Ces irradiations des sensations et des perceptions tactiles n'atteignent sans doute ni le lobe occipital, ni le lobe temporo-sphénoïdal, ni la corne d'Ammon, ainsi qu'en témoignent les expériences : elles s'étendent sûrement jusqu'aux parties postérieures du lobe pariétal.

Expériences de Redlich sur les lésions consécutives aux extirpations étendues des centres moteurs corticaux. — La section des deux pyramides au niveau de la moelle allongée ne détermine point de trouble persistant de la motilité chez les chiens opérés (1). Au contraire, après l'extirpation des régions motrices de l'écorce, des phénomènes de déficit (ataxie corticale, etc.) persistent, sinon pour toujours, du moins pour un temps considérable. Quelle est la condition organique de ces différences symptomatiques entre les résultats de l'extirpation de la région motrice et la section des pyramides dans la moelle allongée, alors que les fibres de

(1) Starlinger. *Die Durchschneidung beider Pyramiden beim Hunde.* Jahrb. f. Psych., XV, 1896.

cette voie nerveuse ont leurs cellules d'origine dans la région considérée de l'écorce? Voilà le problème que s'est posé E. Redlich. Voici la série d'expériences qu'il a instituées pour l'étudier, sinon pour le résoudre encore, et l'exposition des effets si variés et si nombreux qu'il a pu constater à la suite d'extirpations étendues des aires motrices de l'écorce cérébrale du chat (1).

Tout d'abord on doit supposer que les faisceaux issus de l'écorce cérébrale motrice envoient, avant d'arriver dans les pyramides de la moelle allongée, des fibres ou des collatérales dans d'autres parties du cerveau, hypothèse qui peut invoquer le fait, depuis longtemps connu, de la largeur relative de la voie des pyramides dans le cerveau et dans la moelle allongée.

Redlich extirpa la région motrice de quatre chats, à gauche, sur une vaste étendue, afin de provoquer le plus de phénomènes de déficit possibles. Même opération, mais bilatérale, chez un cinquième. Les animaux présentèrent les symptômes typiques de cette opération : ils furent sacrifiés après deux ou trois semaines. Leur système nerveux central, durci dans un mélange de liquide de Müller et de formol à 2 pour 100, fut traité au Marchi. L'examen anatomique macro et microscopique montra que dans quelques cas la région extirpée s'étendait au delà du territoire moteur proprement dit ; en maints points, malgré l'intégrité de l'écorce, la substance blanche sous-jacente était ramollie et nécrobiosée. Outre la région motrice de l'écorce, « la plus grande partie du lobe frontal avait été enlevée ». Les ganglions de la base étaient intacts. La section des artères corticales qui irriguent la substance blanche doit avoir été en grande partie responsable de ce ramollissement sous-cortical très étendu. Cela prouve, écrit Redlich, combien il est difficile de pratiquer des lésions réellement circonscrites.

Quelles régions du névraxe, outre les masses fibrillaires contenues dans les pyramides, avaient dégénéré consécutivement à ces ablations de la zone motrice ?

Redlich suivit naturellement la dégénération dans la capsule interne et le pied du pédoncule cérébral ; elle était très étendue dans celui-ci. Rappelons que, dans ces expériences, la plus grande partie du lobe frontal avait aussi été enlevée. Dans le pont de Varole, aux parties distales comme à proximité de la moelle allongée, l'aire des pyramides était dégénérée sur toute son étendre, sinon dans toutes ses fibres. Dans l'entrecroisement des pyramides, les faisceaux non dégénérés correspondaient d'une part à la pyramide intacte, de l'autre aux fibres appartenant à l'entrecroisement du ruban de Reil. Le cordon latéral des pyramides subit en descendant, chez le chat et le chien comme chez l'homme, une forte réduction, d'abord dans la moelle cervicale, puis dans la moelle lombaire supérieure. Les fibres dégénérées ont pu être suivies jusque dans la moelle sacrée.

Partout, dans la moelle épinière, après l'extirpation de l'aire corticale motrice où sont les cellules d'origine des fibres des faisceaux pyramidaux, on trouve des fibres saines mêlées aux fibres dégénérées, et cela d'autant

(1) E. Redlich. *Ueber die anatomische Folgeerscheinungen ausgedehnter Exstirpationen der motorischen Rindencentren bei der Katze*. Neurol. Centralbl., 1897.

plus qu'on descend. Ainsi que la plupart des auteurs les plus récents, Redlich a toujours pu constater une dégénérescence du faisceau pyramidal du cordon latéral homolatéral de la moelle épinière correspondant au côté de la lésion cérébrale. Cette dégénération n'intéressait ici, à la vérité, qu'un petit nombre de fibres, et cette lésion variait d'intensité chez les différents animaux. Ces fibres dégénérées, ainsi disséminées dans l'aire du cordon pyramidal latéral homolatéral, ont pu être suivies par Redlich jusqu'à la moelle thoracique inférieure. Touchant l'origine et la nature de cette dégénération du cordon latéral homolatéral, Redlich, après avoir rappelé l'hypothèse de Rothmann, que nous avons exposée, se rallie à l'opinion des auteurs qui admettent que *chaque hémisphère cérébral est en rappart avec les deux moitiés de la moelle épinière* (Pitres, Mott, Muratow, Sherrington, Dejerine, etc.), et, partant, que les fibres dégénérées du cordon latéral homolatéral proviennent de la pyramide dégénérée ; on est en effet arrivé à suivre le faisceau compact qui passe directement de la pyramide dégénérée dans ce cordon (Muratow, Dejerine et Thomas, Russell, etc.). « L'argument de Rothmann contre cette doctrine, remarque Redlich, — que la dégénération homolatérale disparaît bientôt, tandis que la dégénération hétéro-latérale persiste, ne me paraît pas avoir un fondement suffisant dans les recherches de ce savant. Il est possible que les rares produits de dégénérescence du cordon latéral homolatéral fussent déjà résorbés dans ses observations, alors que ceux du cordon latéral croisé, plus abondants, avaient persisté et pouvaient être manifestés par l'emploi de la méthode de Marchi. » Des autres hypothèses proposées pour expliquer cette dégénérescence du cordon latéral homolatéral,— nouvel entrecroisement dans la moelle épinière, dégénération tertiaire, etc.— Redlich s'abstient d'autant plus de parler qu'il n'a vu ni dans la substance grise de la moelle ni dans la commissure antérieure de fibres dégénérées.

Relativement au cordon antérieur des pyramides, la plupart des auteurs, et von Lenhossek lui-même, admettent qu'on ne trouve point chez les animaux de disposition analogue à celle qui existe chez l'homme. Seul, Mellus témoigne avoir suivi, chez le singe, après l'extirpation du centre cortical du gros orteil, en même temps que la dégénération des deux cordons latéraux des pyramides, croisé et homolatéral, quelques fibres dégénérées dans le cordon pyramidal antérieur jusqu'au milieu du renflement cervical (1). Chez trois des cinq animaux expérimentés par Redlich,

(1) E. L. Mellus. *Preliminary Note on bilateral Degeneration in the spinal cord of Monkeys (Macacus sinicus) following unilateral Lesion of the cortex cerebri*. Proceed. of the R. Soc., 1894, 23 may.

Extirpation d'un fragment d'écorce de 16 millimètres carrés dans le territoire du centre moteur

il existait, à la partie supérieure de la moelle cervicale, du côté correspondant à la lésion, un petit territoire dégénéré près de la fissure antérieure, correspondant à peu près au milieu de ce sillon. Le faisceau dégénéré ne pouvait être suivi que sur un court trajet, jusqu'à la 2[e] ou 3[e] racine cervicale à peu près : il s'agissait bien d'un faisceau correspondant au faisceau antérieur des pyramides.

Où et comment les fibres des pyramides se terminent-elles dans la substance grise de la moelle ? Même avec la coloration de Marchi, on n'arrive pas à suivre, jusque dans la corne antérieure, les fibres du cordon latéral des pyramides. Lenhossek croit avoir vu, avec l'imprégnation au chromate d'argent, des collatérales issues du cordon antérieur, sans doute du cordon antérieur des pyramides, aller à la corne antérieure du même côté. Quant aux collatérales provenant du cordon latéral des pyramides, il n'a pu les suivre sûrement jusqu'à la corne antérieure. L'absence de fibres dégénérées allant du cordon latéral des pyramides à la substance grise de la corne antérieure peut tenir à ce que ces fibres ou leurs collatérales sont, durant ce parcours, dépourvues de myéline (Rothmann). Monakow, par la méthode des dégénérations et des atrophies secondaires, est arrivé depuis longtemps à croire qu'aucun rapport direct n'existe entre l'écorce de la zone motrice et les noyaux moteurs : entre le neurone de la fibre radiculaire et le neurone de la fibre pyramidale se trouverait une cellule intercalaire (*Schaltzelle*), cellule d'association, du 2[e] type de Golgi, de sorte que le cylindraxe de la fibre pyramidale ne s'arboriserait pas dans l'entourage même des neurones moteurs des cornes antérieures, mais dans celui de ces cellules d'association, soit dans la corne latérale. Redlich rappelle ces deux hypothèses; il ne saurait dire naturellement quelle est la vraie. Mais il trouve significatif le rapprochement qu'il est loisible de faire entre cette absence de rapports directement constables des fibres des pyramides avec les cornes antérieures et la médiocrité des phénomènes de déficit moteurs observés chez les animaux consécutivement aux lésions des voies des pyramides.

Outre la dégénération de ces faisceaux, Redlich a noté, relativement

---

du gros orteil de l'hémisphère *gauche* ; — dégénération disséminée dans les deux voies pyramidales des cordons *latéraux*. Dans la *droite* environ du double de ce qu'elle était dans la *gauche*. *Dans la voie des pyramides antérieures quelques fibres dégénérées jusqu'au milieu du renflement cervical*.

Extirpation analogue dans le domaine du centre moteur du pouce de l'hémisphère *gauche*. Le nombre des fibres dégénérées était plus grand dans les cordons *latéraux* des pyramides à *droite* (dix fois plus grand) qu'à gauche. A la hauteur du 3[e] nerf dorsal, les fibres dégénérées avaient déjà complètement disparu. Dans la voie des cordons *antérieurs* des pyramides, point de dégénération certaine. Méthode de Marchi. Animaux tués 3 semaines après l'extirpation.

aux connexions des aires motrices corticales avec les ganglions sous-corticaux, la dégénération du *thalamus opticus*. MONAKOW, après l'ablation du *gyrus sigmoïde,* avait constaté la dégénération, entre autres, des radiations qui vont aux noyaux thalamiques antérieur, ventral et latéral. Consécutivement à une ablation équivalant à celle de tout le lobe frontal, il avait trouvé dégénéré, en même temps que le segment antérieur de la capsule interne, le noyau antéro-latéral et le noyau antéro-ventral, sans parler d'autres groupes nucléaires du thalamus. SCHUKOWSKI a fait mention, à son tour, des connexions du lobe frontal avec la région antérieure du thalamus par l'intermédiaire de fibres qui, par la capsule interne, rayonnent dans le *stratum reticulare* du *thalamus* (1). REDLICH a constaté de même ici une dégénération de la région ventrale du *thalamus,* dégénération indiquant que s'arborisent ou se terminent dans cette région soit des collatérales de fibres traversant la capsule interne et pénétrant dans le thalamus, soit des fibres destinées proprement au thalamus. Cette dégénérescence du thalamus correspond à une partie de la couronne rayonnante des couches optiques. « Elle démontre, écrit REDLICH, que, outre les fibres qui vont du thalamus à l'écorce cérébrale (v. MONAKOW), il en existe d'autres dont les cellules d'origine sont dans cette écorce du télencéphale et qui se terminent dans les couches optiques (KÖLLIKER). »

La dégénération de la *substantia nigra* était la règle (MEYNERT, MONAKOW), ainsi que celle des *noyaux du pont* où s'arborisent les fibres cortico-protubérantielles. La même dégénération existe chez l'homme après des lésions étendues du cerveau. Les cellules des noyaux du pont constituent le second neurone de la voie cortico-protubérantielle ; le cylindraxe de ces cellules traverse la ligne médiane et se rend à l'hémisphère opposé du cervelet. La direction dans laquelle a lieu cette transmission des ondes nerveuses du cerveau au cervelet a lieu ici, on le voit, dans le sens cérébro-fugal. Il existe une autre connexion qui transmet dans un sens opposé les excitations du cervelet au cerveau.

Pas de dégénération dans le corps restiforme, les noyaux des cordons postérieurs, les noyaux des nerfs crâniens moteurs. REDLICH insiste sur ce dernier point, car plusieurs auteurs ont admis l'existence d'un rapport direct entre la voie des pyramides et les noyaux des nerfs crâniens moteurs (MURATOW, BOYCE). HOCHE estime aussi avoir pu suivre des fibres de la voie des pyramides jusqu'aux noyaux du facial et de l'hypoglosse, chaque voie des pyramides étant en rapport avec les noyaux des deux côtés.

---

(1) *Ueber anatom. Verbindungen der Frontallappen.* - V. p. 923.

[illegible] ses rapports avec le faisceau pyramidal.

Touchant le *corps calleux*, REDLICH a vérifié la justesse des conclusions de MURATOW dans le domaine de l'expérimentation physiologique : l'étendue des dégénérations du *corps calleux* correspond à celle des aires de l'écorce cérébrale qui ont été extirpées ou détruites. Le fait constant de l'observation que, après une ablation unilatérale du *cortex*, le corps calleux présente des fibres dégénérées à côté de fibres saines, fibres dont les cellules d'origine sont évidemment dans l'hémisphère intact, établit que le *corps calleux* est bien en réalité un système de commissure cérébrale.

Quant aux fibres d'association longues, REDLICH a trouvé le *cingulum* plus dégénéré dans la partie antérieure des hémisphères que dans la portion postérieure, où il se présentait avec des limites assez nettes dans la substance blanche du *gyrus fornicatus*. Avec MURATOW et SCHUKOWSKI, REDLICH conclut donc que les fibres du *cingulum* sont de longueur différente : il n'a pu apercevoir les fibres qui, selon SCHUKOWSKI, vont du *cingulum* au *fornix longus*. Dans le *fasciculus subcallosus*, ou faisceau fronto-occipital d'ONUFROWITSCH, les dégénérations étaient si peu accusées, que REDLICH n'incline guère à admettre sans autre preuve qu'il y a dans ce faisceau des fibres allant du lobe frontal au lobe occipital.

Le moment est venu de répondre à la question qui avait été posée par REDLICH : Pourquoi les phénomènes de déficit moteurs sont-ils plus graves après l'extirpation des centres corticaux moteurs qu'après la section des pyramides au niveau de la moelle allongée ?

Deux faisceaux doivent être considérés, dont la dégénération a été constante : 1° celui des fibres qui pénètrent dans le thalamus opticus ; 2° celui des fibres qui se distribuent aux noyaux du pont de VAROLE. Ces derniers représentent, pour une bonne part, la condition des rapports physiologiques du cerveau avec le cervelet, organe dont la participation aux fonctions de la motilité ne font aucun doute. La destruction de la couronne rayonnante du thalamus est loin d'être aussi sans importance, car les rapports des couches optiques avec les fonctions motrices de l'organisme, au sens large du mot, ressortent à la fois et des connexions anatomiques de ce centre nerveux avec les aires motrices du cerveau, et des faits cliniques et expérimentaux dont la connaissance a été acquise surtout dans la seconde moitié de ce siècle. Mais, moins encore que pour le cervelet, on ne saurait, déclare REDLICH, dire exactement quelle part revient aux couches optiques dans les fonctions de la motilité volontaire. A la vérité, nous croyons qu'il en va autrement pour celles de la motilité réflexe et des processus les plus élémentaires, partant, les plus anciens, de la vie de relation des vertébrés.

Aires corticales sensitivo-motrices. Observations cliniques et anatomo-pathologiques. — Dans un travail inspiré par HERMANN MUNK, H. LISSO avait rassemblé toutes les observations cliniques de troubles de la sensibilité générale (anesthésie, hyperesthésie, paresthésie) qu'on avait faites au cours des affections organiques des circonvolutions centrales du cerveau, considérées à cette époque presque universellement comme motrices. Dans ces quatre-vingt-huit observations, les symptômes observés, concernant la sensibilité cutanée, musculaire et articulaire, ont été soigneusement notés, ainsi que le caractère superficiel ou profond de la lésion, selon que la substance grise seule ou la substance blanche sous-jacente était intéressée. Le siège topographique de ces lésions est indiqué sur un schéma de l'écorce cérébrale au moyen du chiffre de l'observation correspondante. C'est la méthode des cas positifs d'EXNER. Or, ce qui ressort immédiatement d'une vue d'ensemble de ce schéma, c'est que les régions du cerveau où siégeaient les lésions qui se sont manifestées par des troubles de la sensibilité générale, sont les circonvolutions frontales, centrales, pariétales, c'est-à-dire les régions du manteau considérées comme motrices. « Nous devons donc en conclure, écrivait LISSO (1882), que, chez l'homme aussi, la zone sensitive (la *Fühlsphäre* de MUNK) est identique avec la région motrice, comme l'expérimentation physiologique l'avait déjà établi avec sûreté chez les animaux. »

Laissons de côté toute l'histoire de cette question depuis dix ans, pour arriver aux derniers résultats, à l'état actuel de ces théories (1). Parmi ces observations cliniques, suivies d'autopsie et d'examen anatomo-pathologique, quelques-unes possèdent tous les caractères d'une expérience de physiologie, d'une véritable vivisection pratiquée sur l'homme.

L'observation de PHIL. COOMBS KNAPP, l'une des plus exactes que je connaisse, a trait à un malade, Jeremiah O'BRIEN, né à New-Jersey, qui, à la bataille de Chantilly (1862), avait reçu une balle dans la tête (2). Après six mois de séjour à l'hôpital d'Alexandrie, il en sortit sans être guéri. A New-York, en juillet 1863, il s'enivre et se trouve, en revenant à lui, engagé dans la flotte. Il revint à Boston, en 1872 : depuis dix ans, la mémoire et l'intelligence n'avaient cessé de décliner. Violentes douleurs de tête du côté de la blessure. Attaques avec chute et perte de connaissance. Aspect d'un paralytique général en démence. Embarras de la parole, lente, hésitante, qu'on retrouve dans l'écriture du malade. Il lit à haute voix, répète, écrit spontanément, mais mal et avec lenteur, — nous y

---

(1) Cas récents de DANA (1893), de KNAPP (1891), de DEJERINE (1893), de DARKSCHEWITSCH (1890), de RANSON (1892), de MADDEN (1893), WERNICKE (1895), etc.

(2) *A Contribution from Brain Surgery to the study of the Localisation of the sensory Centres in the Cerebral Cortex.* Boston, 1891.

insistons, — quoique, deux ans durant, il eût tenu les écritures sur un vaisseau de guerre de l'État. Une intervention chirurgicale fut résolue. Il existait une cicatrice sur la bosse pariétale gauche à deux pouces de la ligne médiane, au-dessous l'os était déprimé; la pupille droite était plus large que la gauche. Tremblement fibrillaire des lèvres, de la face et de la langue. Des mains, qui tremblent un peu aussi, le malade serre avec une vigueur égale des deux côtés. Les mouvements, un peu difficiles (marche lente et traînante), étaient bien coordonnés; légère exagération des réflexes rotuliens. Enfin, et c'est là ce qui nous importe, la sensibilité générale était normale, ainsi qu'il résulta d'un examen portant sur le toucher, la sensibilité musculaire, les notions de position et de localisation dans l'espace, les sensations de poids, de pression, de température et de douleur.

L'affection datait de près de trente ans en 1890; on ne pouvait songer à guérir le malade; on espérait soulager ses douleurs de tête et peut-être arrêter ses attaques en appliquant une couronne de trépan au siège de l'ancienne blessure. Or, au cours de l'opération, une hémorragie corticale s'étant produite au bord de la lèvre postérieure de la scissure de Rolando, le chirurgien, en s'efforçant de parer à cet accident, lésa l'écorce cérébrale au niveau du tiers moyen de la circonvolution pariétale ascendante gauche. La lésion, d'un centimètre environ de diamètre, s'étendait en profondeur à trois millimètres. Quelques heures après, altération manifeste de la sensibilité du membre supérieur droit, accompagnant une abolition des mouvements volontaires avec la main et l'avant-bras. La sensibilité tactile n'était pas seulement très diminuée; le malade n'avait plus conscience des positions occupées par ce membre; il avait perdu aussi la sensibilité musculaire et articulaire de cette extrémité. De même pour les sensations de pression et de poids. Les sensibilités thermique et dolorifique paraissaient au contraire normales.

Ainsi, chez ce malade, dont la sensibilité générale était, avant l'intervention chirurgicale, tout à fait normale, et la motilité à peu près normale, une lésion destructive du tiers moyen de la pariétale ascendante avait déterminé, dans le membre supérieur du côté opposé, une abolition presque immédiate des mouvements volontaires et de presque tous les modes de la sensibilité générale. Un an après l'opération, tous ces troubles persistaient, autant du moins que les progrès de la démence du malade permettaient de s'en assurer.

De cette vivisection humaine involontaire, il résulte pour Knapp que les sensations et les images de la sensibilité générale sont localisées dans les circonvolutions centrales, ainsi que l'a démontré Munk chez le singe, et, chez les mammifères inférieurs, dans les régions homologues. Knapp n'admettait pas encore tout à fait que les fonctions de cette partie du cerveau sont purement sensitives, ou sensitivo-motrices. Mais il n'y a point, dans l'organisme, d'autre organe moteur que le muscle, et les nerfs et les cellules nerveuses n'ont d'autres fonctions fondamentales que la sensibilité.

Depuis longtemps, Dejerine a signalé la fréquence des troubles de la sensibilité cutanée dans les cas d'hémiplégie d'origine corticale par lésions des zones dites motrices. Ces troubles de la sensibilité, écrivait-il en 1885, sont, en général, passagers, durent de quelques heures à quelques jours; ils accompagnent le début de la paralysie elle-même, quelquefois même ils la précèdent. Il en tirait la conclusion que « les zones sensitives corticales sont peut-être moins éloignées qu'on ne croit des zones motrices ». Aujourd'hui il ne croit plus que les zones motrices sont indépendantes des zones sensitives. A propos d'un cas d'hémiplégie avec hémianesthésie de la sensibilité générale par lésion de l'écorce cérébrale, l'éminent médecin de la Salpêtrière soutient que les observations cliniques suivies d'autopsie, les faits constatés au cours des opérations de chirurgie cérébrale, enfin, les résultats de la physiologie expérimentale, doivent faire admettre que « les centres de la sensibilité générale, y compris le sens musculaire, occupent les *mêmes* parties de l'écorce que les

centres moteurs (1) ». « La plupart des expérimentateurs, en effet, s'accordent à regarder la région rolandique comme le centre cortical *moteur* et *sensitif* de la moitié opposée du corps. »

Ajoutons que, dans le cas qu'il cite, l'hémianesthésie n'était pas transitoire : elle a persisté comme l'hémiplégie. Il s'agissait, chez un homme de soixante-dix ans, d'une hémiplégie ou plutôt d'une sorte de monoplégie du membre supérieur gauche, qui avait perdu tous les modes de sensibilité, y compris le sens musculaire. La sensibilité était aussi diminuée, à gauche, dans la moitié inférieure de la face, dans la moitié du tronc et dans le membre inférieur. Les sens spéciaux étaient intacts. A l'autopsie, on nota, sur la convexité de l'hémisphère droit, un ramollissement cortical étendu, intéressant en divers points la substance blanche, du lobule pariétal inférieur, avec le pli courbe, des deux circonvolutions centrales (sans participation de la partie supérieure de la région rolandique et du lobule paracentral), des deux premières circonvolutions frontales et de la première temporale. Les dégénérations secondaires furent suivies dans la capsule interne, le pédoncule cérébral, la pyramide bulbaire et la moelle épinière. Le faisceau pyramidal croisé était sclérosé dans toute la moitié gauche de la moelle ; le faisceau de Türck était intact, ainsi que le ruban de Reil dans le bulbe et la protubérance. Dejerine insiste sur le degré de proportionnalité existant entre l'hémiplégie et l'hémianesthésie, celle-ci étant absolue sur le membre supérieur, complètement paralysé, très légère sur le membre inférieur, moins atteint dans sa motilité. Il ajoute : « La lésion corticale constatée à l'autopsie dépassait, en avant et en arrière, les limites de la zone motrice ; on pourrait se demander si cette extension de la lésion n'entre pas en ligne de compte dans la pathogénie des troubles de la sensibilité. » Quoi qu'il en soit, le cas précédent, rapproché de ceux qui ont déjà été publiés, fournit, selon Dejerine, la démonstration que « la motilité, la sensibilité générale et le sens musculaire ont une seule et même localisation corticale ».

Chez Dana (de New-York), c'est aussi une opinion ancienne, et qui reposait déjà, en 1888, sur plus de cent trente cas, que les centres dits moteurs sont identiques avec les aires corticales de la sensibilité générale. Une observation clinique, que l'auteur peut, à bon droit, comme Knapp, appeler une étude *expérimentale* du siège des sensations cutanées (2), fait connaître la doctrine du célèbre neurologiste américain sur ce sujet.

Chez un malade souffrant de chorée héréditaire, une couronne de trépan fut appliquée au-dessus de la région moyenne de la circonvolution frontale ascendante, et un fragment d'os de deux à trois pouces fut enlevé. Il en résulta pour le patient une amélioration qui dura quelques mois. Dana songea à tirer parti de l'ouverture du crâne de ce malade pour instituer, avec son consentement, certaines expériences qu'il avait en vue. Des électrodes en rapport avec le fil d'une batterie faradique furent enfoncées, dans la dure-mère, à un demi-pouce environ de profondeur, juste au-dessus des centres de l'épaule et du bras. Sous l'influence du courant électrique, une forte contraction des muscles du bras et de l'épaule

---

(1) Dejerine. *Contribution à l'étude des localisations sensitives de l'écorce. Sur un cas d'hémiplégie avec hémianesthésie de la sensibilité générale et perte du sens musculaire par lésion cérébrale corticale.* Revue neurologique, 15 mars 1893. — Cf. *Étude sur l'aphasie.* Revue de médecine, 1885, p. 138. — *Sur un cas d'hémianesthésie de la sensibilité générale, observé chez un hémiplégique et relevant d'une atrophie du faisceau rubané de Reil.* Arch. de physiol. normale et pathologique, II, 588.

(2) Dana. *An experimental study of the seat of cutaneous sensations.* Medical Record, 1893, 13 mai. New York.

eut lieu à gauche, l'avant-bras fut fléchi, et tout le bras s'éleva. En outre léger mouvement du pied gauche et contraction des muscles du côté gauche de la face. L'électrode fut immédiatement retirée: on interrogea le malade sur ses sensations : au moment où son bras s'était levé, il y avait éprouvé un sentiment d'engourdissement et de pesanteur, comme lorsqu'on exerce une pression sur un tronc nerveux périphérique. Cette sensation apparaissait et disparaissait avec la contraction provoquée. L'expérience fut répétée, mais avec un courant plus fort. Cette fois, les contractions du bras, de la jambe, de la face, avec déviation conjuguée des yeux, furent très violentes; les convulsions s'étendirent même jusqu'au côté droit du corps, et le malade perdit quelque temps connaissance. Lorsqu'il revint à lui, il fit le même rapport que devant : il avait éprouvé une sensation sourde d'engourdissement et de pesanteur dans le bras et dans l'épaule gauches. On produit la même paresthésie par une stimulation diffuse des nerfs tactiles de la peau (friction avec un morceau de coton, par exemple). En d'autres termes, une même sensation est ressentie dans le bras, qu'on excite la région correspondante de l'écorce cérébrale ou qu'on provoque sur ce membre des sensations en excitant la peau. « Je laisse aux psychologues, ajoute DANA, à tirer tout le parti qu'il convient de cette expérience. »

W. RANSON rapporte encore un cas de physiologie expérimentale observé au cours du traitement de l'épilepsie par la chirurgie cérébrale. Un jeune homme devient épileptique après un traumatisme. Les convulsions débutent toujours par des sensations anormales dans le pouce gauche; du pouce et des doigts, elles se propagent jusqu'à l'épaule. Puis le malade perd connaissance. La sensibilité tactile de la main était un peu altérée, la sensibilité musculaire et articulaire (notion de position) l'était davantage dans les doigts et surtout dans le pouce. Après deux opérations, — on enleva, dans la première, un kyste à la région du centre cortical du bras, — les convulsions devinrent plus rares; la sensibilité s'améliora. La blessure guérie, RANSON faradisa la partie du cerveau sous-jacente à l'ouverture faite par le trépan, en enfonçant, à travers les méninges, de fines aiguilles par lesquelles passait un courant électrique. En excitant la partie supérieure de cette région du cerveau, il vit se produire des mouvements du coude; en portant l'électrode plus bas, des mouvements des doigts; en un point déterminé, il y avait flexion des doigts : en un autre, extension. Avec de forts courants, les convulsions provoquées se généralisaient comme dans l'expérience de DANA. Ainsi, et c'est la conclusion de RANSON, un certain degré d'excitation des centres dits moteurs du cerveau, excitation qu'on peut produire artificiellement par la faradisation, provoque successivement, dans le membre ou segment de membre correspondant : 1° une sensation plus ou moins vague, une paresthésie; 2° une exaltation du sens musculaire ; 3° des contractions musculaires (1). Loin d'être purement moteurs, comme FERRIER et quelques-uns de ses disciples le soutiennent encore, ces centres sont donc, ainsi que le croit BASTIAN, kinesthésiques : les fonctions de ces régions de l'écorce sont en rapport avec les sensations qui accompagnent tout mouvement, volontaire ou involontaire, surtout avec celles du sens musculaire.

FRANK S. MADDEN, dans le domaine de l'observation purement clinique, est arrivé aux mêmes résultats, je veux dire à établir que les centres corticaux de la sensibilité générale (tact, douleur, température, sens musculaire) sont dans une union intime avec les centres « moteurs ». Un homme de 41 ans, sans antécédents héréditaires ou acquis d'aucune sorte, éprouve (8 octobre 1890), au cours d'un accès d'épilepsie partielle, des sensations de tension pénibles (paresthésies) avec incoordination motrice du bras gauche, suivies de paralysie du

(1) W. RANSON. *A case illustrating kinaesthesis*. Brain, 1892.

membre supérieur et du membre inférieur du même côté; perte de connaissance; convulsions épileptiformes généralisées, plus intenses à gauche. Ces accès d'épilepsie jaksonienne se répétèrent, toujours précédées de la même aura sensitive. La sensibilité tactile de la main gauche, surtout celle de l'index, était abolie, ainsi que le sens musculaire, avec ataxie marquée. L'état du malade s'aggrava et il mourut dans le coma. A l'autopsie, sur l'hémisphère droit, la circonvolution pariétale ascendante, les deux lobules du lobe pariétal et le lobe occipital, apparurent envahis par une tumeur (mélano-sarcome) qui tendait la dure-mère et avait déprimé l'os pariétal (1). Ici encore, par conséquent, la perte de la sensibilité tactile, de la sensibilité à la douleur et du sens musculaire, avait précédé at accompagné une hémiplégie des mêmes parties du corps.

Darkschewitsch, enfin, après avoir rappelé qu'on savait très peu de chose sur le parcours du faisceau nerveux sensitif au sortir de la capsule interne et sur sa terminaison dans l'écorce cérébrale, a contribué aussi, au point de vue clinique et anatomo-pathologique, à l'avancement de nos connaissances sur ce sujet. Un homme de 34 ans, sans tare héréditaire connue, éprouve un affaiblissement considérable (parésie) de la main et du bras droit avec rigidité des muscles de cette extrémité, mais sans troubles trophiques. Réflexes tendineux exagérés du triceps et des fléchisseurs. Sensibilité générale très diminuée, et dans tous ses modes, surtout à la périphérie du membre. Point de troubles de la motilité ni de la sensibilité sur le bras gauche. De même pour les extrémités inférieures, le tronc, les nerfs moteurs oculaires, la branche motrice du trijumeau et le facial. Point de déviation de la langue. Sensibilité générale égale des deux côtés de la face. L'odorat, le goût, l'ouïe, l'acuité visuelle, les réactions pupillaires, la déglutition, la phonation, le langage, l'intelligence, les organes de la digestion et de la circulation, etc., étaient normaux. Bref, il s'agissait d'une monoplégie brachiale nettement circonscrite, présentant, étroitement associés, des troubles du mouvement et de la sensibilité générale sous toutes ses formes. Cet homme était phtisique. A l'autopsie, sur l'hémisphère gauche, dans la substance blanche sous-jacente à l'écorce du tiers moyen de la circonvolution pariétale ascendante gauche, existait un tubercule résorbé. C'est cette lésion du centre semi-ovale qui avait déterminé les troubles de la sensibilité et de la motilité, car il n'existait ni dans la moelle épinière, ni dans la moelle allongée, ni dans le pont de Varole, ni dans le pédoncule cérébral, ni dans la capsule interne, aucune lésion (2).

Cette observation clinique de monoplégie pure, à localisation si exactement limitée, n'a-t-elle pas le caractère d'une ablation ou destruction locale, circonscrite, du cerveau, telle qu'un physiologiste ou un chirurgien pourraient la tenter ? Si, comme on l'a dit, la nature ne fait guère d'expériences, on voit qu'elle en réalise quelquefois les conditions. Rapprochée des cas précédents d'investigation des fonctions du cerveau par excitation directe de cet organe, sur l'homme, l'observation de Darkschewitsch fournit la contre-épreuve que les physiologistes considèrent comme nécessaire en pareille matière, celle de l'extirpation des mêmes régions de l'organe préalablement excitées.

Deux cas de lésions corticales relatifs à la *localisation des représentations tactiles,*

---

(1) F. S. Madden. *Tumor of the cortex producing hemiplegia with lose of tactile, pain and muscular sense.* The journ. of nerv. and ment. Disease, 1893. Analyse (Paul Blocq) dans la *Revue neurologique* (1893).

(2) Darkschewitsch. *Zur Frage von den Sensibilitätsstörungen bei Herderkrankungen des Gehirns.* Neurol. Centralbl., 1890, 714.

publiés par Wernicke, ont un intérêt du même genre. Mais l'épicrise qui suit les observations nous paraît avoir une grande portée physiologique (1).

Il s'agit, dans ces deux cas, de lésions corticales nettement délimitées, siégeant également à gauche, dans le tiers moyen des deux circonvolutions centrales et surtout de PA. Dans les deux cas, la cause de la lésion destructive était de nature traumatique (violence extérieure, hémorragie interne avec destruction locale de substance cérébrale). La localisation étant la même, le symptôme clinique principal ne pouvait différer : il consistait en une *paralysie du tact* de la main droite avec altération, relativement légère, de la sensibilité générale et de la motilité, et en troubles du langage, rappelant ceux de la paralysie générale, évidemment dus à la lésion en foyer située en arrière et au-dessus de la circonvolution de Broca, et qu'on doit rapporter à un trouble d'innervation motrice transcorticale.

Ces deux cas, en somme, ne présentaient guère de différences essentielles ; le symptôme principal, la paralysie du tact, était si semblable, qu'il dépendait manifestement de la destruction d'un même point de l'écorce. Le phénomène de déficit, mis en évidence par l'observation clinique, consistait donc dans la *perte des représentations tactiles* de la main droite : « Que des espèces déterminées de représentations se perdent par la destruction de certains points déterminés du cerveau, on ne l'avait sûrement établi jusqu'ici par l'observation clinique que pour deux territoires de l'écorce, la circonvolution de Broca pour les représentations motrices du langage, et la T_1 gauche pour les images tonales des mots. Il faut maintenant y joindre ce territoire de l'écorce cérébrale qui a été trouvé lésé dans nos deux cas et qui appartient au tiers moyen des circonvolutions centrales, en particulier de PA. »

En réalité, les deux malades n'avaient pas entièrement perdu les représentations tactiles des choses, puisqu'ils étaient capables de reconnaître, avec la main gauche, ce genre de propriétés attribuées aux corps. Mais cela prouve seulement, selon Wernicke, que les représentations tactiles sont doublement représentées dans le cerveau, suivant qu'elles ont été acquises par la main droite ou par la main gauche. La représentation tactile des objets, ou l'élément tactile qui entre dans leurs représentations, peut donc être absolument perdu quand la lésion destructive affecte à la fois les deux régions corticales identiques dont nous parlons sur les deux hémisphères. On peut encore dire que, dans ce cas, les représentations des choses ne peuvent être évoquées par le tact. Par *représentations tactiles*, il faudrait donc entendre désormais, avec Wernicke, les *images* commémoratives des *sensations tactiles* d'objets concrets, revenant constamment, pour les mêmes objets, dans les mêmes conditions. On aurait le droit de rapporter à la perte de ces images tout cas de paralysie tactile, c'est-à-dire d'abolition de la faculté de reconnaître les objets par le tact, toutes les fois que des troubles de la sensibilité générale, pouvant expliquer ce symptôme, ou font complètement défaut, ou sont trop minimes pour en rendre raison.

On ne rencontre que rarement des troubles de sensibilité capables de déterminer une *paralysie tactile (Tastlähmung)*. La cause de cette rareté, c'est que seuls les troubles les plus graves de la sensibilité peuvent produire cet effet, troubles équivalant à peu près à la solution complète de continuité des voies nerveuses de la sensibilité. La sensation cutanée, grâce à laquelle nous nous orientons sur notre propre corps, la sensation articulaire, qui nous renseigne sur la position de nos doigts, participent évidemment à la

---

(1) C. Wernicke. *Arbeiten aus der psychiatrischen Klinik in Breslau. Zwei Fälle von Rindenlesion*, p. 33-52. Heft II. Leipzig, 1895. Cf. *Grundriss der Psychiatrie in klinischen Vorlesungen*. Th. I. *Psycho-physiologische Eintheilung*. Sechste Vorles., p. 48 sq. Leipzig, 1894.

reconnaissance des impressions tactiles : les troubles des premières doivent retentir sur celles-ci. L'anesthésie, avec perte totale de la sensation de contact et de la faculté de localisation dans l'espace, s'observe très souvent consécutivement aux lésions des troncs nerveux périphériques. Si la notion de position est mieux conservée, le tact ne sera que peu altéré : la plupart des objets, et surtout ceux de grande dimension, seront reconnus par ce sens, les yeux étant fermés. La perte complète de la sensibilité doit naturellement abolir aussi le tact ; car la communication de l'organe du tact avec l'écorce, lieu des représentations, est alors tout à fait interrompue. Ajoutez que, le faisceau sensitif s'irradiant dans l'écorce cérébrale, la destruction de l'écorce qui abolit le tact interrompt en même temps d'autres voies de la sensibilité générale.

Où localiser dans l'écorce le substratum anatomique des représentations tactiles? Là où elles ont été perçues, là où pour chaque objet concret les mêmes sensations se sont répétées, toujours dans le même ordre et avec la même suite, toutes les fois que le processus tactile a eu lieu. Les groupes de sensations perçues ainsi, fonctionnellement associées au moyen de faisceaux d'association, ont pour substratum anatomique les cellules nerveuses de l'écorce représentant ces sensations. Les représentations tactiles de la main doivent donc être localisées, sous forme de groupes cellulaires reliés entre eux par des fibres nerveuses, dans la région de l'écorce qui était affectée de lésions destructives chez les deux malades de WERNICKE.

L'éminent clinicien remarque ici que, tous les mouvements isolés ou combinés de la main droite et des doigts étant revenus, on ne peut dire que les *représentations motrices* aient subi chez ces malades quelque grave dommage. L'usage défectueux qu'ils faisaient de leur main droite, les yeux fermés, dépendait de la perte de leurs représentations tactiles. Le moyen, en effet, de bien manipuler les objets qu'on ne reconnait pas, les yeux clos, par le tact? Une grande partie de la maladresse de ces malades à boutonner leur habit, pouvait être, à la vérité, attribuée à la perte des images motrices correspondantes; ce qui est sûr, c'est que l'occlusion des yeux intervenait ici, car le même mouvement était bien exécuté avec les yeux ouverts, et il ne pouvait être question de représentations tactiles. La représentation tactile, plus différenciée, a dû disparaître avant la représentation motrice. MUNK a établi, en effet, et l'observation pathologique le confirme, que les fonctions les plus complexes de l'écorce sont perdues les premières.

Chez l'un de ces malades, les sensations de *douleur* et de *température* ne présentaient aucune altération, mais la sensation de *contact*, au moins pour les contacts légers de la main et de l'avant-bras, était abolie, quoique conservée sur le bras. Quelques jours plus tard, les contacts légers étaient perçus partout, mais ils ne pouvaient être localisés sur la main ni sur les doigts. La sensibilité cutanée est donc affectée, comme la motilité, dans ces lésions circonscrites de l'écorce.

Enfin, fait très intéressant, chez ces deux malades, les mouvements de l'écriture sont redevenus normaux. L'un d'eux pouvait même écrire les yeux fermés. Ce retour de la faculté d'écrire a coïncidé simplement avec celui des mouvements des doigts et de la main. Il en résulte, dit WERNICKE, que « les représentations motrices graphiques » font partie des représentations de toutes les espèces de mouvements spécialisés, qu'elles se perdent et réapparaissent avec ceux-ci. « L'existence d'un centre spécial, localisé, des mouvements de l'écriture, analogue au centre des mouvements d'articulation localisé dans la circonvolution de BROCA, admise par CHARCOT et par ses élèves, est donc absolument invraisemblable (1). »

---

(1) FLECHSIG ne croit pas que WERNICKE ait démontré que les *images tactiles* sont exclusivement localisées dans les régions où il les situe. Ces images n'étaient pas perdues. Ce qui faisait défaut, c'était

La forme d'aphasie sensorielle dans laquelle les malades n'entendent que comme un bruit confus les paroles prononcées sans les pouvoir comprendre, est une forme de trouble de l'audition mentale qui correspond absolument au trouble ou *paralysie tactile* de WERNICKE (1). Les malades de WERNICKE ne pouvaient, de leur main droite, reconnaître chaque objet comme un tout, décrire sa forme, le désigner exactement; ils ne pouvaient non plus le décrire en détail; la description en tout cas trahissait de graves lacunes de perception. Or la liaison des impressions distinctes, coexistantes et successives, en une impression unique d'ensemble, voilà l'essentiel. C'est en cela qu'aurait consisté l'altération fonctionnelle du tact étudiée par le professeur de Breslau. Il s'agissait, selon FLECHSIG, d'un *trouble de coordination sensitive,* d'une *ataxie sensitive,* dérivant de lésions anatomiques de la sphère corticale correspondante du corps. L'ordre ou les rapports normaux des impressions tactiles élémentaires étaient altérés. Dans les lésions des nerfs périphériques, s'il n'arrive à la conscience qu'un nombre moindre d'impressions distinctes de l'objet exploré par le tact, ces impressions conservent, dans la sphère tactile corticale, non lésée, leurs rapports mutuels. Mais si la lésion affecte le centre nerveux considéré, le trouble ou la perte de ces rapports normaux internes, qui étaient la condition des idées de forme et d'espace, sera bien plus considérable que s'il s'agissait de l'altération ou de la perte d'un nombre même fort grand de fibres nerveuses périphériques. En d'autres termes, FLECHSIG estime que, pour avoir une idée exacte d'un objet par le toucher, l'ordre ou les rapports normaux des impressions tactiles élémentaires sont nécessaires; ce n'est qu'ainsi qu'a lieu l'association des images des objets qui suppléent les lacunes de l'impression. Ainsi, d'ordinaire il suffit de toucher l'objet pour que son nom soit rappelé. La vraie cause de la perte de ces associations, c'est l'altération des rapports ordonnés ou normaux de la perception, l'*ataxie sensitive.* L'existence de ces ataxies dans les lésions en foyer des *sphères* du *tact* et de la *vision* prouve que celles-ci ordonnent en idées d'espace les impressions qu'elles reçoivent des

---

la coordination normale des sensations de la peau, des muscles, des tendons, des surfaces articulaires, laquelle est nécessaire à la formation des idées stéréognostiques exactes sur la forme et le relief des corps au moyen des impressions élémentaires des sens. Le trouble des perceptions produisait celui des représentations tactiles. FLECHSIG est d'ailleurs contraire en principe à toute localisation d'images dans les centres de projection de l'écorce, qu'il appelle *centres de sensibilité (Sinnescentren)*, par opposition aux vrais centres d'élaboration psychique, qui sont pour lui les *centres d'association (Gehirn und Seele.* Leipziz, 1896, p. 56). FLECHSIG a développé ses idées à ce sujet; on le verra par ce qui suit dans le texte.

(1) P. FLECHSIG. *Die Localisation der geistigen Vorgänge insbesondere der Sinnesempfindungen des Menschen.* Leipzig, 1896, 52 sq.

organes périphériques des sens. La même chose a lieu relativement aux idées de temps, dans la *sphère de l'audition*. Il faut donc chercher dans les sphères sensorielles de l'écorce les fondements essentiels des *idées* de l'*espace* et du *temps* : « Les sphères sensorielles sont des organes de l'intuition de l'espace et du temps. » Cela implique une certaine mémoire des éléments nerveux de ces centres corticaux : ils peuvent conserver une perception *tactile, tonale,* etc., assez longtemps pour que les processus d'association correspondants puissent être évoqués. Mais, chez l'homme au moins, les sphères sensorielles ne paraissent pas capables de reproduire, d'une manière indépendante, autonome, les images des objets ou des mots. Cette faculté de reproduction est surtout gravement atteinte dans les cas où les lésions, siégeant en dehors des sphères sensorielles, mais dans leurs entours, les isolent plus ou moins en détruisant les prolongements des *neurones d'association*. On s'expliquerait ainsi que, quoique les différents modes de la sensibilité ne fussent pas très gravement altérés dans la *paralysie tactile* de Wernicke, les objets explorés par les malades ne pussent être reconnus. Les images ou représentations tactiles des objets n'étaient pas abolies du fait des lésions corticales du tiers moyen des circonvolutions rolandiques : ces lésions empêchaient seules leur évocation normale.

Dans les deux cas de Wernicke, ainsi que dans un troisième, publié par Riegner (1894), la lésion était localisée dans l'hémisphère gauche, sur le tiers moyen des deux circonvolutions centrales et surtout de la pariétale ascendante (PA), et la paralysie tactile, qui en était résultée, affectait l'extrémité supérieure droite. Dubbers a publié un quatrième cas de paralysie tactile de l'extrémité gauche, dont la lésion siégeait par conséquent dans l'hémisphère droit, sans doute à la limite du tiers moyen et inférieur de la pariétale ascendante (PA) ; il ne croit pas que la FA fît partie du foyer ; il admettrait plutôt qu'une portion de la région limitrophe du lobe pariétal, en particulier du *gyrus supramarginalis,* participât à la lésion (1). Dans ces cas, les troubles de la motilité et de la sensibilité qui existaient à l'origine se sont de tous points améliorés : seule, la paralysie tactile a persisté, sans qu'un indice même de restitution fonctionnelle ait pu être constaté, et cela pendant 25 ans, dans cette observation de Dubbers :

J. reçut dans la campagne de 1870, à Wörth, une balle dans la tête qui ne put être retrouvée. La blessure guérit très lentement ; paralysie de la moitié gauche du corps ; ce ne fut que dans les premiers jours de juin 1871 que J. put quitter le lazareth : la blessure

---

(1) Dubbers. *Ein Fall von Tastlähmung*. Neurol. Centralbl., 1897, 61 sq.

était alors tout à fait guérie ; une cicatrice triangulaire, profonde d'environ un demi-centimètre et étroitement adhérente à l'os, siégeait 5 centimètres au-dessus de l'oreille droite. La paralysie de la moitié gauche du corps avait complètement disparu ; J. accusait une sensation de fourmillement dans cette partie du corps et dans la main gauche ; la sensibilité ne semblait pas diminuée. En outre il se plaignait d'éprouver, après une station un peu prolongée, dans la marche, et après tout mouvement du corps un peu rapide, une sensation de vertige et de congestion du côté de la tête, si bien qu'il devait se retenir pour ne pas tomber. J. fut donc licencié comme invalide avec une pension. Il se maria et engendra plusieurs enfants, dont cinq vivent et sont bien portants. Dès 1871 avaient éclaté par accès, et accompagnées de perte de conscience, des convulsions de la moitié gauche du corps. D'abord assez rares, ces attaques devinrent de plus en plus fréquentes lorsque J. se livra à la boisson. Aux altérations du caractère (il était devenu irritable, querelleur, etc.), s'ajoutèrent à partir de 1890 un trouble mental, des hallucinations de la vue, des impulsions à commettre des actes de violence et des fugues. Dans les intervalles, J. présentait de la confusion mentale. Depuis 1892 il aurait eu quatre accès et davantage encore par jour. Devenu dangereux, il fut placé à l'asile le 30 janvier 1894. Son état parut là moins mauvais dans les intervalles des attaques ; celles-ci, qui avaient surtout lieu la nuit, éclataient tout à coup, sans symptômes prémonitoires ; leur durée était très courte et sans stade clonique bien net. Il indiquait lui-même qu'après une sensation de contraction partie de la main gauche, l'aura envahissait le bras, puis la jambe gauche, enfin la tête, et alors « il était parti ». Souvent il ne remarquait qu'il avait eu des convulsions qu'en constatant qu'il avait uriné sans le savoir. Quand les attaques se succédaient rapidement, 3 à 4 par nuit, un état de confusion hallucinatoire, avec anxiété et impulsions violentes, suivait ces accès : le malade rampait sous les lits ou sautait dessus, il aboyait ou faisait entendre un rire spasmodique. Le souvenir de ces épisodes ne persistait que faiblement. Les attaques diminuèrent de plus en plus jusqu'à sa sortie de l'asile, en 1896.

J. est un homme fort et bien nourri, de mine intelligente, un peu maussade : la moitié droite de la face est plus faiblement innervée que la gauche. Le crâne est grand, dolichocéphale, la bosse frontale droite est plus avancée que la gauche. Sur le pariétal droit, 7 centimètres au-dessus du conduit auditif externe, l'os présente une perte de substance où l'on peut introduire le bout de l'index ; on y sent nettement l'artère pulser. Les parties environnantes, l'écaille du temporal surtout, proéminent un peu et sont sensibles à la pression. Il existe aussi une zone d'hyperesthésie, large comme la main, sur le pariétal gauche. Quant au contact de la cicatrice elle-même, il est douloureux et provoque chez le malade de l'agitation et de l'anxiété ; il n'en résulte pourtant ni convulsions ni aucun autre phénomène d'irritation. Les pupilles, égales, réagissent bien ; point de troubles des muscles oculaires ; pas de rétrécissement du champ visuel ; sens chromatique normal. Ouïe des deux oreilles également bonne. Pas de déviation ni de tremblement de la langue. Les saveurs sont bien perçues ; il dit éprouver parfois une sensation de goût sucré. Olfaction normale. Langage intact. Rien dans les organes internes, etc. A l'examen, il existait sur la moitié gauche du corps, comparée à la droite, une légère diminution de la sensibilité au contact, en même temps qu'un certain degré d'hypéralgie ; le contact y était moins exactement localisé. La musculature des extrémités gauches présentait un léger degré de rigidité et le tissu cellulaire sous-cutané y était plus lâche et plus mou qu'à droite ; à l'état de repos, la main gauche est un peu fléchie sur le poignet ; hyperextension des doigts dans les trois articulations ; mobilité passive conservée dans toutes les articulations ; les mouvements actifs sont incoordonnés, maladroits, troublés par des mouvements involontaires, dépassent le but, mais tous les mouvements isolés peuvent être exécutés. J. ne peut toutefois prendre,

de la main gauche, sur une table, de petits objets, tels que épingles, pièces de monnaie, clefs de montre, ni boutonner son habit. Si l'on place des objets de ce genre entre les doigts de sa main gauche, il ne peut les garder ; ils tombent, surtout si les yeux du malade sont fermés.

Voici maintenant les phénomènes de déficit de *paralysie tactile* qui se manifestent lorsque, après avoir bandé les yeux, on place dans la main *gauche* différents objets. J. reconnaît bien les propriétés générales de ces objets; il peut dire s'ils sont grands, petits, minces, longs, courts, rudes, lisses, ronds, anguleux, durs, mous, pesants, légers, chauds, froids, humides : il ne peut reconnaître la nature des objets, ce qu'il fait très bien quand ils sont sentis par sa main droite.

Objets.	*Main gauche.*	*Main droite.*
Cigare	« Je ne puis dire ce que c'est »	Un cigare.
Porte-monnaie	« Cela pourrait être une petite brosse »	Un porte-monnaie.
Bague	« Je ne sais ce que c'est »	Un anneau.
Couteau de poche	« Chaud, sort de la poche »	Couteau de poche.
Mouchoir de poche	« Mou, ce peut être une brosse »	Mouchoir de poche.
Clé de serrure	« C'est encore le couteau de poche »	Clé.
Manchette	« J'entends un bruit de froissement, c'est du papier »	Manchette.
Peigne de poche	« Un couteau »	Peigne.
Grosse pierre	« C'est froid et dur ; je ne sais ce que c'est »	Un caillou.
Éponge	« C'est dur, non, mou; cela paraît humide »	Éponge.
Pomme de terre	« Ce pourrait être un couteau ou une brosse, paraît dur »	Pomme de terre.
Porte-crayon	« C'est long ; je ne puis dire ce que c'est »	Crayon.
Œuf	« Froid, dur, léger, n'a point d'angles »	Œuf.
Dé	« Petit, anguleux »	Dé.
Balle	« Mou »	Balle élastique.
Flacon de médicament	« Froid, point gros, peut être rond »	Bouteille.
Clé de montre	« Il n'y a rien ; je ne puis sentir en tout cas s'il y a quelque chose là »	Clé de montre.
Une pièce d'un mark	« Il n'y a rien ; je ne puis rien sentir »	Une pièce d'argent.

L'étude de la sensibilité tactile, articulaire, tendineuse, musculaire, etc., des aveugles permettrait d'étendre et de développer la théorie de la *notion d'espace tactile*, comme l'a fait Th. Haller dans ses remarques sur la psychologie des aveugles (*Studien zur Blindenpsychologie*. Wundt's Philos. Stud., XI, p. 226). Cette étude est difficile, car on sait que les cas purs de cécité congénitale sont très rares, et que l'existence du sens de la lumière, qui permet à l'aveugle de distinguer les différences d'intensité lumineuse, est une source d'erreurs, puisque cette notion ne laisse pas d'influer sur la production de l'idée d'espace. La sensibilité tactile (*Tastsinn*) est l'unique source de la notion d'espace chez l'aveugle vrai. Les impressions du son,

en s'associant à celles du toucher, peuvent bien étendre l'idée d'espace au delà des limites de la perception immédiate du toucher (*Tastwahrnehmung*) : en soi, et en l'absence de ce genre d'association, le sens de l'ouïe ne saurait servir à la fonction de l'idée d'espace. En regard des quatre autres sens, le sens du toucher est bien une sorte de sensibilité générale : il sert pourtant au développement des sens spéciaux, grâce à la richesse d'innervation, et partant à la délicatesse des ajustements musculaires de la main, de la langue, du pied, etc. Chez l'aveugle, et pour l'acquisition de l'idée d'espace (*Raumvorstellung*), toutes les perceptions tactiles de la main sont transformées en images ou représentations de même nature, c'est-à-dire *tactiles* (*Tastvorstellungen*). Outre la connaissance des surfaces dans l'ordre extensif, la mobilité des organes du tact résout la notion d'espace qui en dérive en une série de sensations motrices (*Bewegungsempfindungen*). De là deux sortes de tact : un tact *synthétique* et un tact *analytique*. On peut comparer, avec Haller, la sensibilité tactile du bout des doigts et celle des parties latérales ou de la racine de la main avec la vision directe et indirecte de la rétine. Il serait ainsi permis de parler d'un tact direct et indirect. L'analogie se complète si l'on songe que, pour l'œil comme pour la main, il existe une tendance à diriger l'impression sur le point où la sensibilité différentielle possède l'acuité la plus vive.

Le toucher ne sert pas qu'à la perception des objets à trois dimensions capables d'affecter la peau : outre les sensations externes, il nous renseigne sur tout un ordre de sensations internes, sur celles des articulations, des tendons, des muscles, etc., et, dans les représentations qui résultent de ce dernier genre d'activité psychique, à côté de la sensation de position des parties du corps dans l'espace (*Lageempfindung*), peut-être est-il permis de parler encore de celle d'innervation (*Kraftempfindung*), au sens de Bastian toutefois, non au sens de Bain et de Wundt. Par leur association avec les représentations motrices des organes du tact, les souvenirs persistants des sensations cutanées deviennent les « images du toucher », les « images tactiles » des objets concrets, dont le territoire de projection existe dans l'écorce comme ceux des organes de l'audition ou de l'olfaction. La projection centrale de l'organe passif de la sensibilité tactile de la peau crée et développe un sens de l'espace, dit C. Wernicke, au même titre que la rétine. Les représentations tactiles d'objets concrets doivent être, d'après le même savant, exclusivement localisées dans la région corticale du bras (*Armregion*), et dans l'un et l'autre hémisphère pour les extrémités supérieures droite et gauche, parce que, tout au moins chez l'adulte, les représentations de cette nature ont été acquises par les mouvements de la main.

Théorie de Wernicke sur la nature des territoires corticaux de projection des impressions sensitives. — C. Wernicke, dont le célèbre mémoire, *der aphasische Symptomencomplex, eine psychologische Studie auf anatomischer Basis* (Breslau, 1874), a fait époque dans l'histoire de la physiologie du cerveau, non seulement par la découverte de l'*aphasie sensorielle*, la plus grande en ce domaine, après celle de Broca, mais par un certain nombre d'idées, vraiment géniales, sur la nature et le mécanisme des fonctions les plus élevées de l'écorce cérébrale, a publié, sous forme de synthèse, le fruit de ses méditations et de sa longue pratique des maladies mentales sur ce difficile sujet. Il faut saluer en C. Wernicke un savant demeuré fidèle à la grande manière de Théodore Meynert. La physiologie, normale ou pathologique, est, pour lui aussi, la fin même de la science de la vie : l'anatomie est le plus sûr moyen d'y atteindre, car une connaissance véritable des fonctions d'un organe, et surtout d'un organe tel que l'encéphale, implique celle de la structure.

L'écorce cérébrale est l'ensemble des territoires de terminaison et d'origine des faisceaux de projection dont la continuité physiologique est partout sauvegardée en dépit des ganglions ou relais intercalés sur le parcours de toutes les voies nerveuses, centripètes ou centrifuges. Les lobes occipitaux, les lobes temporaux, les circonvolutions centrales, représentent les territoires de projection des impressions optiques, acoustiques, sensitives. Dans ces territoires s'associent en un fonctionnement commun les activités sans nombre dérivées des organes périphériques de la sensibilité générale et spéciale. Les territoires de projection sont donc, en même temps, le siège des images nées des résidus (*Residuen*) des sensations transmises du monde extérieur et perçues par les cellules nerveuses de l'écorce (*Wahrnehmungszellen*) : ces images (*Erinnerungsbilder*) sont les « premières unités physiologiques » de la vie mentale ou de représentation. Mais ces souvenirs, persistant sous forme d'images, nécessairement localisés dans des régions différentes de l'écorce, anatomiquement distinctes, doivent être en quelque sorte solidarisés au moyen de ces fibres d'association dont Burdach et Meynert ont les premiers compris toute la portée psychologique. Si, dans chaque territoire de projection, l'*identification primaire* ou la reconnaissance d'une sensation de même nature est possible, l'*identification secondaire*, c'est-à-dire l'intelligence des choses vues, entendues, etc., la notion des objets concrets, dont la somme est pour nous l'équivalent, sous forme de symboles, de l'univers, ne peut résulter, anatomiquement, que de l'association des images des souvenirs propres à chaque territoire de projection, reliées en complexus de plus en plus vastes grâce aux faisceaux d'association trans-corticaux. Ces faisceaux diffèrent des « fibres propres » intra-corti-

cales qui ne relient entre elles que les parties d'un même territoire de projection. Avec les faisceaux trans-corticaux, les grandes commissures du corps calleux et de la commissure antérieure constituent la majeure partie des innombrables fibres à myéline de l'écorce cérébrale et du centre ovale : voilà le fondement anatomique de l'association des idées.

Le cerveau n'est ainsi qu'un organe d'association, et la plus haute de ses activités, la conscience, est une fonction des territoires centraux de projection. Et s'il n'existe dans le cerveau que des territoires de projection, comme l'enseigne Wernicke, la conscience pourra être définie « une fonction de l'écorce du manteau cérébral ». Le substratum anatomique d'une notion, de l'idée d'un objet concret, homme, animal, fleur, voire celle d'un mot, c'est donc une association d'images ou de résidus d'un grand nombre de perceptions persistant dans les cellules nerveuses de l'écorce, association réalisée par des faisceaux sans nombre et orientés en toute direction, assurant le réveil successif, en apparence simultané, de toutes les activités élémentaires qui concourent à l'apparition de l'idée. Celle-ci, une fois organisée, peut être excitée par chacun des éléments qui la constituent, toujours grâce aux faisceaux d'association unissant synergiquement les groupes d'images élémentaires localisés dans les divers territoires de projection. Ces images, résidus de perceptions sensitives ou sensorielles, sont associées avec des « représentations motrices ». Un des élèves les plus distingués de C. Wernicke, Heinrich Sachs, a ainsi constitué un territoire central de projection des mouvements des yeux. Cette hypothèse, que nous examinons ailleurs est, selon nous, inutile ; il n'existe pas dans l'écorce de représentations exclusivement motrices, localisées dans des territoires distincts, séparés, au sens de D. Ferrier, de Charcot, de Pitres, de Bechterew : les éléments de toute « image motrice », si l'on veut conserver le mot, ne sont que des résidus de sensations musculaires, articulaires, etc., partant des « images sensitives », et les conditions anatomiques et physiologiques du réveil de celles-ci se trouvent réalisées dans chaque territoire cortical de projection des organes des sens. Les images sensitives sont partout associées aux images sensorielles. Au fond, c'est bien ainsi que l'entendent Wernicke et Sachs.

Ainsi, outre les images de souvenir des différentes perceptions, la conscience renferme des complexus de plus en plus étendus de ces images associées en groupes secondaires, tertiaires, etc., d'où résulte ce qu'on nomme l'idée, la notion, le mot. Le nombre des objets concrets de l'univers que nous connaissons correspond à celui des notions (*Begriffe*) que nous en possédons. Ce nombre n'est pas si grand et la variété de ces objets n'est pas si vaste que l'homme incline à le croire, surtout si l'on songe au milliard de cellules nerveuses dont Meynert a peuplé l'écorce. En tout

cas, notre conscience du monde extérieur est fonction de notre monde cérébral. Le monde est la somme de nos idées, voilà tout. WERNICKE estime même que l'*ordre* des phénomènes et notre *croyance* dans les rapports que nous y découvrons ne sont qu'approchants. « Le *besoin de causalité*, écrit-il avec profondeur, est un vice inné ou un privilège de notre cerveau ; les phénomènes de l'univers sont bien loin de posséder entre eux une liaison quelconque ; ce n'est que dans notre cerveau qu'existe ce lien ; il ne saurait réunir les choses elles-mêmes, mais seulement les traces qu'elles laissent dans notre cerveau (1). » En somme, il n'y a pas d'autre réalité pour nous que celle des voies d'association que parcourent incessamment les impressions qui, du monde extérieur, se projettent dans les territoires de l'écorce du cerveau. Ce que nous appelons la constance et l'uniformité des lois naturelles résulte de la fréquence avec laquelle telles voies nerveuses sont parcourues, bref, de la facilité et viabilité de ces voies (*Bahnung*).

Une autre illusion est de croire à l'existence du réveil des états de conscience par association simultanée (espace) ; il n'y a que des associations par succession (temps). De la succession régulière d'un ordre de phénomènes, nous concluons à l'existence d'une loi : un premier phénomène *doit* être suivi d'un second ; c'est le principe même de l'expérimentation, du déterminisme scientifique dans l'étude de la nature ; à cet égard, notre conviction est irrésistible. Mais cette conviction n'est qu'une croyance. Par le fait de la répétition du passage des courants nerveux soit entre deux points de l'écorce d'un seul et même territoire de projection central (identification primaire), soit entre différents territoires (identification secondaire), les résistances qui s'opposaient dans le principe à cette transmission s'aplanissent ; la voie est désormais frayée (*gebahnt*). Avec MEYNERT, WERNICKE admet que les cellules nerveuses fusiformes appartiennent au système d'association : par chacun de leurs prolongements, ces cellules entrent en rapport avec celles des territoires voisins de projection et servent ainsi à les associer entre eux. Le nombre des fibres constituant les systèmes d'association est tel, a écrit TH. MEYNERT, et les différentes régions de l'écorce cérébrale d'un même hémisphère sont si étroitement associées, qu'il n'y a pas deux points de l'écorce associables qui demeurent sans liaison physiologique en largeur, hauteur et profondeur, c'est-à-dire dans n'importe quelle dimension (2).

---

(1) *Grundriss der Psychiatrie in klinischen Vorlesungen*. Th. I. *Psycho-physiologische Einleitung*. Leipzig, 1894, 33.

(2) TH. MEYNERT. *Neue Studien über die Associationsbündel des Hirnmantels*. Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wissench. in Wien. Bd. CI, 1892.

De même que la conscience que nous avons du monde, celle de notre corps est fonction des nerfs de sensibilité générale qui, des membres supérieurs et inférieurs, du tronc, de la nuque et de la tête (Munk), se projettent dans les circonvolutions centrales. « Les mêmes points de la surface du *cortex cerebri* dont l'excitation expérimentale provoque des mouvements, et qui sont bien ainsi des centres moteurs, sont en même temps le siège des sensations musculaires (*zugleich der Sitz des Muskelgefühles*), de la représentation du degré et du mode de l'innervation musculaire, bref, des images ou représentations motrices (*Bewegungsworstellungen*) », écrivait Wernicke en 1874. Depuis qu'on n'attribue plus aux sensations musculaires la plus grande part dans la formation des notions de position ou de situation des parties du corps (*Lagevorstellungen*), Wernicke a renoncé à l'usage du mot « sens musculaire ». La lourdeur et la maladresse des mouvements chez les paralytiques dépendent, comme chez les animaux opérés des régions corticales des extrémités, de la perte de ces notions, non de l'état des muscles, en particulier chez les paralytiques généraux, et lorsqu'il n'existe pas de contracture posthémiplégique. Les mouvements de notre corps, simples processus ou images de la conscience dérivés des sensations articulaires, etc., dont les résidus ont persisté dans l'écorce, sont donc des représentations du *cerveau frontal* (*Stirnhirn*), comme celles de l'audition et de la vision sont des représentations du *cerveau occipito-temporal* (*Hinterhaupts-Schläfehirn*). Wernicke avait considéré le *cerveau pariétal* (*Scheitelhirn*) comme un territoire « intermédiaire », ou de transition, dont la nature des fonctions était en litige.

Récemment L. Bruns a cru avoir observé des faits cliniques à l'appui de la théorie de Nothnagel sur la *localisation de la sensibilité générale* (*Gefühl*) et en particulier du *sens musculaire* (*Muskelgefühl*) dans le *lobe pariétal*. Il existait, dans un cas de tumeur (*fungus durae matris*) de l'écorce et de la substance blanche superficielle du *lobule pariétal supérieur*, un trouble du sens stéréognostique, dépendant pour une bonne part de celui du sens musculaire et de la notion de position du membre supérieur droit. Il admet que les zones corticales de perception des sensations de contact, du sens stéréognostique et du sens musculaire, s'étendent sur la plus grande partie des hémisphères, en tout cas *au delà des circonvolutions centrales* et sur *la partie supérieure du lobe pariétal*, ainsi que sur les parties adjacentes du *lobe paracentral* et de l'*avant-coin* (*praecuneus*). Les troubles du *sens stéréognostique* s'observent très fréquemment dans les affections des circonvolutions centrales seules, ceux du *sens musculaire* et de l'ataxie qui en résulte appartiennent plutôt aux lésions du lobe pariétal. « A en juger par les observations cliniques, il me semble, écrit Bruns, que les *fonctions motrices* diminuent d'avant en arrière dans tout ce grand

territoire, tandis que les fonctions sensitives croissent dans la même direction, de sorte que la FA est peut-être purement motrice, le lobule pariétal supérieur (O_1) purement sensitif, la PA ayant des fonctions mixtes. Cela s'accorderait aussi avec les idées de WERNICKE... (1) » BRUNS a appelé ici une fois de plus l'attention sur le symptôme de « paralysie psychique » (*Seelenlähmung*) : le malade ne savait que faire de son bras droit ; à la fin il n'exécutait plus les mouvements volontaires qu'en se servant de l'autre extrémité, quoique le bras droit ne fût pas paralysé et qu'il fût toujours employé à des mouvements réflexes ou automatiques. BRUNS a noté assez souvent cette altération de la motilité volontaire, qu'il définit : « absence d'usage d'un membre avec conservation de la faculté de s'en servir » — lorsqu'il existe des foyers étendus dans les régions postérieures des hémisphères. Dans l'observation actuelle, ou la plus grande partie des centres sensitifs de l'hémisphère gauche était détruite par le néoplasme, les excitations de ces centres (en particulier celles de P_1) ne parvenaient plus aux sphères motrices comme cela est de nécessité pour les « mouvements volontaires » (2).

---

(1) L. BRUNS. *Zwei Fälle von Hirntumor mit genauer Localdiagnose*. Neurol. Centralbl., 1898, p. 856-7.

(2) Cf. pour la perte inconsciente des sensations du *sens musculaire* et relativement à d'autres « paralysies psychiques », rappelant la cécité et la surdité « corticales » de MUNK : G. ANTON. *Ueber Herderkrankungen des Gehirns, welche vom Patienten selbst nicht wahrgenommen werden*. Wiener klin. Wochenschr., 1898. — *Beitrag zur klin. Beurtheilung u. zur Localisation der Muskelsinnstörungen im Grosshirn*. Zeitschr. f. Heilkunde, 1893. — REDLICH. *Ueber Störungen des « Muskelsinnes » u. des stereognostischen Sinnes bei der cerebralen Hemiplegie*. Wien. klin. Wochenschr., 1893, p. 24-30. La voie nerveuse du sens musculaire passe, dans la capsule interne, en avant de la voie de la sensibilité cutanée, donc dans le *segment postérieur*, tous près de la voie des pyramides. Ces voies nerveuses se succèdent dans l'ordre suivant dans le tiers postérieur du segment postérieur de la capsule interne : voie des pyramides, voie du sens musculaire, voie de la sensibilité cutanée, voie optique. Quant au centre cortical du sens musculaire, REDLICH se rattache à l'idée exprimée par NOTHNAGEL : il le situe dans le *lobe pariétal*. De même BERNHARDT. — Cf. ALLEN STARR and J.-M. Mc COSH (New-York). *A contribution to the Localisation to the muscular Sense*. Amer. Journ. of the med. Sciences, novembre 1894. — A. GOLDSCHEIDER. *Ueber den Muskelsinn u. die Theorie der Ataxie*. Zeitschr. f. klin. Med., XV, 1888, a distingué dans le *sens musculaire :* 1° le sens des mouvements passifs ; 2° le sens des mouvements actifs ; 3° les perceptions de la position des membres ; 4° les sensations de résistance et de poids. Le premier dépend de la *sensibilité articulaire* ; il en est de même du second. L'état de tension des tendons et des plissements de la peau intervient dans la notion des rapports de situation des membres. Peut-être aussi la sensibilité articulaire. — *Untersuchungen üb. den Muskelsinn*. DU BOIS-REYMOND's Arch., 1889. — *Ueber die Empfindlichkeit der Gelenkenden*. Arch. f. An. u. Phys., 1890. Les sensations de résistance relèvent de l'excitation des terminaisons nerveuses existant dans les capsules articulaires. Non seulement les surfaces articulaires des os, mais la moelle des os se montre particulièrement sensible. — LEYDEN u. GOLDSCHEIDER. *Die Erkrankungen des Rückenmarkes u. der medulla oblongata*. Wien, 1895. Les voies centripètes passent, avec les autres fibres sensitives, par les racines postérieures de la moelle épinière, sans doute dans les cordons postérieurs. Les troubles de coordination par solution de conti-

La nature et partant l'origine du sens musculaire dépendent de la question de l'existence, si controversée, de fibres sensitives ou centripètes des muscles. On connaît les terminaisons nerveuses des nerfs qui, sortis des muscles, vont aux corpuscules de GOLGI de la surface des tendons et s'y arborisent. Mais existe-t-il des nerfs sensibles propres aux muscles dont la fonction serait celle des autres nerfs de sensibilité générale? Les organes nerveux musculo-tendineux, découverts par GOLGI, fusiformes, situés dans la zone de passage du muscle au tendon, dans lesquels pénètre toujours une fibre nerveuse très ramifiée, ont d'abord été considérés comme les organes périphériques de la sensibilité ou du sens musculaire (1). Ces corpuscules étant surtout en grand nombre dans les muscles et les tendons, comment ne pas incliner à croire que la fonction de ces organes de GOLGI était celle de la sensibilité musculaire, celle-ci devant être à la fois en rapport avec l'état des muscles et des tendons. « Aussi ces organes spéciaux sont-ils situés comme une sorte de dynamomètre, écrivait un élève de GOLGI, CATTANEO, entre les organes qui représentent la puissance motrice (fibres musculaires) et la partie sur laquelle cette force agit primitivement (les tendons) » (2). D'après les recherches expérimentales de cet auteur, ces organes n'ont point de rapport avec les nerfs moteurs ; ils sont en connexion avec les fibres

---

nuité des cordons postérieurs (BECHTEREW) impliquent que dans ces faisceaux passent des fibres centripètes en rapport avec la régulation des mouvements (*Muskelsinnbahnen*). BECHTEREW admet que, des fibres des racines postérieures, les plus ténues conduisent la sensibilité *cutanée*, les plus fortes la sensibilité *musculaire*. Les fibres des racines postérieures allant aux colonnes de CLARKE, les faisceaux cérébelleux directs, le faisceau de GOWERS, conduisent peut-être les impressions du sens musculaire. — G.-E. MÜLLER et FR. SCHUMANN (*Ueber die psychol. Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte*. Arch. f. d. ges. Phys., 1889, 37 sq.) ont surtout insisté sur la *sensibilité articulaire (Gelenksensibilität)* dont DUCHENNE, de Boulogne, avait déjà indiqué l'importance pour les notions de position des membres. Les sensations musculaires, transmises par les nerfs sensitifs des muscles, ne seraient pas plus nécessaires à la connaissance de la situation de nos membres que les sensations tendineuses et cutanées. — E. HITZIG. *Ein Kinesiaesthesiometer nebst einigen Bemerk. üb. den Muskelsinn*. Neurol. Centralbl., 1888. — ED. BURKE DELABARRE. *Ueber Bewegungsempfindungen*. Freib. in Baden, 1891. — GAD. *Physiol. des Menschen*. Berlin, 1892, 193. — Après C. LUDWIG (*Lehrb. der Physiologie des Menschen*, 1852, 361), on a souvent postulé l'existence nécessaire de fibres myesthésiques pour la transmission au sensorium des diverses espèces de myalgies dans le rhumatisme articulaire, l'hyperesthésie musculaire hystérique (DUCHENNE, de Boulogne), les crampes, les contractures, les affections parasitaires des muscles (trichines, cysticerques), les cas d'inflammation musculaire aiguë (psoïte), etc. « Bien qu'à l'état normal les muscles soient insensibles à toutes les excitations instantanées, même très fortes, ils peuvent dans certains états pathologiques, et même dans leur état normal, nous transmettre des sensations *douloureuses* » (TSCHIRIEW). Quelques auteurs ont distingué la « sensibilité musculaire » du « sens musculaire » ou sens de l'effort (*Kraftsinn*). V. VANNI. *Perdita dissociata della sensibilità muscolare con incoordinazione motrice*, etc. Riv. sperim. di fren., 1893, XIX, 364 sq. Cf. C. JACOBI. *Untersuchungen üb. den Kraftsinn*. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmak., XXII. — FUNKE. *Der Muskelsinn*. HERMANN Handb. der Physiol., III. — MÜNSTERBERG. *Die Willenshandlung*. Freib. i. B., 1888. — AUG. CRAMER. *Die Hallucinationen im Muskelsinn bei Geisteskranken u. ihre klinische Bedeutung*. Freib. i. B., 1889. CRAMER a bien montré l'importance de la voie centripète de la sensibilité musculaire dans la pathogénie des hallucinations de cet ordre de sensations. Il a étudié ces hallucinations en tant qu'elles relèvent : 1° des muscles de l'appareil locomoteur (muscles du tronc et des extrémités) ; 2° des muscles de l'appareil du langage articulé et écrit ; 3° des muscles oculaires.

(1) CAMILLO GOLGI. *Sui nervi dei tendoni dell'uomo e di altri vertebrati e di un nuovo organo nervoso terminale musculo-tendineo*. Torino, 1880.

(2) A. CATTANEO. *Sugli organi nervosi terminali musculo-tendinei*. Torino, 1887, 15-16.

doctrine des nerfs centripètes du sens musculaire (1). Mais les recherches histologiques restèrent des plus vagues. TSCHIRIEW (1879) opina pour les idées de KÖLLIKER, d'ODENIUS, de SACHS, d'après lesquels il y a dans les muscles des fibres de sensibilité propres : il suivit dans les *fascia* du muscle des fibrilles amyéliniques qu'il vit s'arboriser sur les fibres musculaires en fins ramuscules terminés en grappes (2). Ces fibrilles amyéliniques à terminaisons en grappes sortaient de fibres myéliniques. Toutes les terminaisons nerveuses qu'il a observées étaient motrices. Il a indiqué les rapports de ces fibres amyéliniques, formant souvent, dit-il, des plexus à grandes mailles, non avec les muscles, mais avec les aponévroses. L. BREMER (1882 et 1883) révoqua en doute la justesse des conclusions de tous ces auteurs (3) ; il montre surtout les rapports de ses recherches avec celles de BEALE et de TSCHIRIEW ; il incline à croire que ces fibrilles amyéliniques, issues de fibres à myéline, qui se terminent à la surface des fibres musculaires, sont sensitives. Mais il fait la remarque expresse (p. 195-6) que, autant que possible, il a évité d'aborder les considérations physiologiques de la question : « Les nerfs myéliniques de deuxième ordre et les fibres pâles sont-ils des *nerfs sensibles des muscles?* C'est ce que pourrait peut-être décider, en dernière analyse, la section des cordons antérieurs de la moelle épinière suivie de l'examen des nerfs périphériques qui en sortent. Si l'on constatait alors sur ces nerfs et sur leurs terminaisons les altérations connues, les terminaisons, si longtemps cherchées, des nerfs sensibles des muscles striés seraient trouvées. On saurait alors que les nerfs dont la fonction est celle du *sens musculaire* entrent en connexion, au moyen d'appareils déterminés, avec les fibres musculaires, semblablement aux nerfs moteurs. On connaîtrait nettement que la *sensation de la contraction (das Gefühl der Contraction)*, le *sens musculaire (das Muskelgefühl)*, siège dans le *muscle* lui-même ; que ce ne serait ni un pur acte psychique, mesurant uniquement le degré d'intensité de l'action de la volonté (*Willensäusserung*) sur les muscles, ni quelque chose qui dût être cherchée dans la *peau* ou dans les *articulations*. »

RAUBER (1882) confirma les données de TSCHIRIEW ; il trouva dans les aponévroses des muscles des corpuscules de PACINI. KERSCHNER (1888) aboutit aux mêmes résultats. BUCHALOFF (1889) découvrit enfin, à l'aide de la coloration au bleu de méthylène, dans les muscles de la grenouille, des fibrilles nerveuses se terminant, par des extrémités renflées, sur les fibres musculaires, et qu'il considéra comme de nature *sensitive*. Il est certain que dans les troncs nerveux des muscles des extrémités de la grenouille, il y a des fibres nerveuses à conduction centripète. Mais où et comment ces fibres s'arborisent-elles dans le muscle? Est-ce dans les corpuscules de GOLGI des tendons, dans les aponévroses (TSCHIRIEW), dans le tissu conjonctif, librement (KÖLLIKER, ODENIUS, SACHS), en forme de spires enroulées autour des fibres musculaires (SACHS), ou, sur ces fibres en manière de grappes (BREMER)?

ARMIN LANDAUER (Budapest), partant d'une idée que BREMER avait indiquée sans la réaliser expérimentalement, institua ~~une~~ série de recherches sur des muscles dont les éléments nerveux moteurs avaient dégénéré du fait de la section des racines antérieures

(1) O. SACHS. *Physiol. u. anat. Untersuchungen über die sensibeln Nerven des Muskels.* REICHERT u. DU BOIS-REYMOND's Arch. f. Anat. u. Phys., 1874, 175, 491, 645.

(2) TSCHIRIEW. *Étude sur la Physiologie des nerfs des muscles striés.* 1er mém. *Terminaisons nerveuses dans les muscles striés*; 2e mém. V. Arch. de phys. norm. et pathol., 1879.

(3) BREMER. *Ueber die Endigungen der markhaltigen und marklosen Nerven im quergestreiften Muskel.* Arch. f. mikroskop. Anat., 1882, XXI, 165.

correspondantes de la moelle épinière. Après six semaines de survie des grenouilles, la gaine de myéline et le cylindraxe des nerfs moteurs présentant l'aspect caractéristique de la dégénération secondaire, il examina les fibres demeurées dans le muscle avec les procédés de la technique la plus récente (1). Après injection de la coloration biologique au bleu de méthylène dans le sang d'animaux vivants, ces fibres nerveuses se colorèrent avec leurs arborisations terminales. Avec la coloration d'Ehrlich, modifiée par Pal et par Dogiel, il colora le *musculus cutaneus pectoris*, le *musculus sartorius* et les muscles oculaires de la grenouille et ceux du lapin. Dans le *m. sartorius* de la grenouille, autour d'une fibre motrice de gros calibre, il vit une fibre nerveuse beaucoup plus fine qui l'accompagnait au delà de sa terminaison, devenant de plus en plus délicate et paraissant se terminer par un renflement ovale. Landauer a aussi et surtout employé la méthode au chlorure d'or de Cohnheim avec ses modifications (Loewit, Bremer, Thanhoffer). Il a pu ainsi constater que les fibres et les terminaisons nerveuses signalées par Bremer existent bien dans les muscles de grenouille. Les fibres restées dans le muscle après la dégénération secondaire des nerfs moteurs et de leurs arborisations terminales apparaissaient saines, normales, colorées d'une manière plus intense au niveau des étranglements de Ranvier. Il n'est donc pas douteux pour Landauer que les muscles ne soient pourvus de *nerfs sensitifs*. Quant à la question de savoir où et comment ces nerfs se terminent, ils deviennent, avant de se diviser, quatre ou six fois plus fins (0,0015 à 0,0030 μ) que les fibres nerveuses motrices dont quelques ramescences se distribuent encore aux fibres musculaires après la dégénération provoquée. Les terminaisons en grappes ont semblé aussi à l'auteur appartenir aux nerfs moteurs, car elles disparaissent quant ceux-ci dégénèrent. Comme les nerfs vaso-moteurs se coloraient constamment avec ceux des « nerfs sensibles des muscles » au cours de ces recherches, il a pu se faire une opinion sur la provenance et la nature de ces fibres (bleu de méthylène, chlorure d'or) : les nerfs vaso-moteurs des muscles proviennent sûrement, dit-il, des nerfs moteurs des muscles. Voici les conclusions de ce travail, bien fait pour renouveler et avancer la question des « nerfs sensitifs des muscles » au point de vue de la technique microscopique et de la méthode, pratiquée ici par exclusion, des dégénérescences : 1° Les muscles des extrémités postérieures de la grenouille (*Rana esculenta*) sont pourvus de fibres nerveuses issues des racines postérieures de la moelle épinière, et par conséquent *sensitives*; 2° Les fibres de ces nerfs sensitifs ne peuvent être isolées des nerfs moteurs du muscle et leur trajet, ainsi que leur arborisation terminale, ne peuvent être déterminés qu'au moyen de la méthode de dégénération secondaire; 3° Les nerfs sensibles des muscles se terminent toujours isolément sur les fibres musculaires, dont elles suivent parallèlement le trajet, par des filaments pourvus de renflements ovalaires, et non, comme on l'a soutenu, dans le tissu connectif ni en forme de spires enroulées autour des fibres musculaires, ni enfin par des terminaisons en grappes reposant sur les fibres musculaires. Les fibres nerveuses décrites par Sachs comme sensibles étaient des fibres du tissu conjonctif du muscle. Celles qu'ont cru avoir isolées Reichert, Kölliker, Odenius, étaient des fibres vaso-motrices. Ni Sachs ni ses prédécesseurs n'ont vu la terminaison propre des nerfs sensibles des muscles, et cela par insuffisance des procédés de technique. Les nerfs sensibles des muscles des mammifères (muscles oculaires du lapin) ont été trouvés semblables à ceux de même nature observés par Landauer chez les batraciens.

---

(1) Armin Landauer. *Ueber sensible u. vaso-motorische Nerven der Muskeln*. Ungar. Arch. f. Medizin, I, 1893, 452 sq.

LENHOSSEK énumère dans les muscles striés trois sortes de terminaisons nerveuses qu'on doit considérer comme étant de nature sensible (1) :

1. Libres terminaisons entre les fibres musculaires (KÖLLIKER, 1850 ; REICHERT, 1851).

2. Terminaisons dans les corpuscules de PACINI et les corpuscules à massues terminales. Découverts par RAUBER, ces organes nerveux terminaux se rencontrent moins à l'intérieur des muscles, entre les fibres musculaires, qu'à la surface, dans le perimysium externum ;

3. Les terminaisons nerveuses des « fuseaux neuro-musculaires » de KÜHNE. Que ceux-ci soient des organes sensibles terminaux, c'est ce qui n'est pas encore généralement reconnu (KÖLLIKER), mais ce qui est au plus haut point vraisemblable ou plutôt tout à fait certain selon S. RAMON Y CAJAL, et c'est à cette conception que se rangent toutes les plus récentes investigations (KERSCHNER (*Anat. Anz.*, 1888) ; ONANOFF (*C. R. Soc. biol.*, 1890, 432) ; RUFFINI (*Anat. Anz.*, 1894 et *Archives de biologie*, 1893) ; SIHLER (*Arch. f. mikrosk. Anat.*, 1895), RAMON Y CAJAL (*Revista trimestr. microgr.*, II, 1897). La nature sensible des fuseaux musculaires a été expérimentalement démontrée par SHERRINGTON, dans d'admirables travaux d'anatomie pathologique (2).

Aux terminaisons nerveuses sensibles dans les *muscles* se rattachent immédiatement, au point de vue physiologique, celles des *tendons*. Il faut tout d'abord citer ici les « organi *musculo-tendinei*, découverts par GOLGI en 1880, puis de libres terminaisons nerveuses et les faisceaux décrits par FRÄNKEL.

On le voit, le muscle ne manque pas de fibres de sensibilité ; il ne manque pas de substratum anatomique permettant de soutenir l'origine *périphérique* du sens musculaire, un des éléments constituants de la sensibilité kinesthésique. Il n'existe donc aucune raison de revenir à l'ancienne théorie de JEAN MÜLLER, celle des *centralen Innervationsempfindungen* (3).

S. RAMON Y CAJAL ayant récemment exécuté, avec la coloration au bleu de méthylène, de nouvelles observations sur l'anatomie fine des fuseaux musculaires de la grenouille, a trouvé confirmés les faits de son mémoire de 1888 sur ce sujet, ainsi que les assertions de KERSCHNER, RUFFINI et SILHER. On aperçoit souvent sur le fuseau musculaire, non deux, mais trois, voire un plus grand nombre de terminaisons nerveuses : « Une seule, possé-

---

(1) *Terminaisons nerveuses dans les muscles.* Interméd. des biol., I, 322.

(2) C. S. SHERRINGTON. *On the anatomical Constitution of nerves of sceletal muscles.* Journ. of Physiology, XVII, 211. — *Experimental Note on the Knee-jerk.* Brit. med. Journ., 1893. — *Further Note on the sensory nerves of muscles.* Proceedings of the R. Soc., 8 apr. 1897.

Dans les fuseaux neuro-musculaires — *Muskelspindel* — BATTEN (*The Muscle-Spindle under pathological conditions.* Brain, 1897, 138) a vu des *fibrilles nerveuses* se terminer ; chaque fuseau, dit-il, en contient au moins deux. Il pense que ce sont des organes périphériques sensibles du muscle, probablement en rapport avec le sens musculaire.

Pour étudier les terminaisons nerveuses sensibles des muscles de l'œil, SHERRINGTON sectionna le nerf oculo-moteur, espérant déterminer ainsi la dégénération des fibres motrices, et rendre plus décelables les éléments sensibles. SHERRINGTON fut très surpris, après cette opération (ainsi qu'après la section de l'abducens, puis du trochlearis), de trouver dans les *muscles* correspondants *toutes* les fibres dégénérées. Il en infère que les IIIe, IVe et VIe nerfs crâniens contiennent non seulement des fibres centrifuges, mais aussi des *fibres centripètes servant à la fonction du sens musculaire*. Une section des deux trijumeaux ne détermina aucun trouble dans le mécanisme des mouvements des yeux ou dans le tonus des muscles des yeux, ce qui serait sûrement arrivé, s'ils avaient contenu des fibres centrifuges.

(3) V. sur cette question L. KERSCHNER. *Zur Theorie des Innervationsgefühle.* Berichte des naturw. med. Vereins in Innsbruch. Jahrg., XXIII, 1896-7.

dant le caractère de fibrille *sensitive*, est destinée au fuseau; » les autres, motrices, s'arborisent sur les plaques motrices. Les dernières ramifications de l'arborisation sensitive se terminent librement après avoir décrit des courbures et des spires comparables à celles qu'a représentées Ciaccio dans les appareils musculo-tendineux de Golgi. L'existence de ces arborisations interfasciculaires, ainsi que la multiplicité des fibrilles intégrantes du fuseau, ont pour objet, écrit Ramon y Cajal, de faciliter, durant la contraction musculaire du fuseau lui-même, la compression, et partant l'excitation des ramifications nerveuses. Celles-ci conduisent alors au *sensorium* des courants d'autant plus forts que la contraction du muscle a été énergique (1).

Si le cerveau ou lobe *pariétal* était le siège de la sensibilité générale, et en particulier du *sens musculaire*, il n'en était pas de même du cerveau occipito-temporal, dont l'anatomie démontrait sans conteste le caractère sensoriel : tous les nerfs de la sensibilité dont le trajet central jusqu'à l'écorce nous est connu, écrivait Wernicke, se terminent dans ces deux lobes ; il citait les nerfs olfactif et optique, ceux du goût, dont le parcours central était d'ailleurs inconnu, les cordons postérieurs de la moelle épinière (Meynert), l'acoustique enfin, « dont le parcours ultérieur dans le cerveau (on ne l'avait suivi que jusqu'au cervelet) est indubitable (*unzweifelhaft*) » et qui doit se terminer dans la première circonvolution temporale (T^1). Mais ce n'est pas le lieu d'insister sur les fonctions de l'audition. Nous devons rappeler, au sujet des représentations motrices de la conscience, que, selon Wernicke, le mouvement volontaire se distingue du mouvement réflexe par les deux caractères suivants : 1° il ne suit point immédiatement l'excitation ; le réveil des images de cette nature par l'excitation précède l'impulsion qui doit partir de l'écorce, si l'incitation est suffisante, pour mettre en branle tous les mécanismes moteurs bulbo-médullaires ; 2° la forme du mouvement volontaire se distingue par la réalisation de mouvements isolés, indépendants des mouvements d'ensemble, adaptés à un but particulier, bref, par une représentation antécédente. On parle de délibération, de choix, de volonté libre. C'est encore une pure illusion. D'abord, la conscience d'une image motrice, ou l'idée d'un mouvement, et le mouvement lui-même, ne sont, dit fort bien Wernicke, que des degrés d'intensité différents d'un même processus nerveux. La projection ou l'arrêt du mouvement, c'est-à-dire de l'action, dépend uniquement de ce degré d'excitation d'un groupe ou de groupes plus ou moins vastes, souvent antagonistes (contraste, etc.), de représentations.

---

(1) S. Ramon y Cajal. *Terminaciones nerviosas en los husos musculares de la rana*. Rev. trim. micrografica, 1897, II, 181-5 et la fig. du fuseau musculaire où la terminaison sensitive est d'une admirable netteté.

Plus un individu possède de représentations ou d'idées, plus le jeu des associations de ces images est riche et varié, plus le choix paraît libre, car il échappe d'autant aux prévisions de l'individu même et de ceux qui l'observent. Mais, pour qui posséderait tous les termes du problème, le résultat pourrait toujours être prédit, car il s'agit de purs mécanismes.

SENSATIONS ORGANIQUES

(Cénesthésie.)

LOCALISATIONS CORTICALES ET CENTRALES

Territoires corticaux de projection des sensations organiques. — Dans les territoires de projection de l'écorce sont représentés tous les organes, appareils et tissus du corps (organes tactiles des revêtements cutanés et muqueux, parenchymes glandulaires, etc.). Mais, outre sa qualité spécifique, chaque sensation possède encore une autre qualité, élément capital de la conscience du corps, le ton affectif (*Gefühlston der Empfindung*), sentiment de *peine* ou de *plaisir*, qui sont des affections de la substance grise de l'écorce du cerveau. D'ordinaire la sensation spécifique masque la sensation organique : le degré d'intensité de celle-ci, sous forme de douleur en particulier, est souvent nécessaire pour provoquer ces mouvements réflexes de défense ou de protection, réflexes innés, adaptés à certaines sensations trop vives, même des organes et appareils des sens spéciaux (bruit violent, lumière aveuglante, goût d'amertume, etc.), que Meynert a signalés *Abwehr oder Angriffsbewegung*) et qui ont été bien étudiés par Hermann Munk. Chez la grenouille décapitée, les réflexes spinaux sont plus que de simples mouvements réflexes : l'adaptation à une fin organique semble encore possible. Les réflexes médullaires sont étrangers à la conscience cérébrale : ils sont innés. De là le caractère d'adaptation et de finalité mécanique de ces actes. Dans le sommeil le plus profond, de même que dans certains états inconscients, ils veillent encore, quoiqu'ils disparaissent naturellement avant les fonctions automatiques. Mais, si les réflexes médullaires ne connaissent pas le cerveau, la conscience corticale les connaît : le mollusque auquel Meynert aimait à comparer l'écorce cérébrale, dont les tentacules et les bras seraient les faisceaux de projection afférents et efférents, a conscience des mouvements réflexes des segments différents de son corps et conserve les résidus de ces sensations articulaires, musculaires, etc., sous forme d'images motrices.

Aux sensations organiques du corps appartiennent, outre celles des muscles et des articulations, les sensations des viscères, des glandes, etc.,

surtout dans l'état de souffrance de ces organes, quoique nous ayons d'ordinaire une conscience assez nette des sensations de la faim et de la soif, de la satiété, de l'urination et de la défécation, des besoins sexuels, etc. Le ton affectif l'emporte ici sur les sensations spéciales des viscères ; il obscurcit même les signes locaux de ces sensations. WERNICKE ne doute pas que les territoires de projection des images résultant de ces sensations ne soient localisés dans l'encéphale, ce qu'impliquent d'ailleurs, selon lui, les symptômes hypocondriaques de certains aliénés. Mais où siège la « conscience du corps » ? Elle serait localisée dans la couche de l'écorce cérébrale la plus voisine de la substance blanche. Là retentiraient, sous forme de perceptions et d'images, dans l'organe même de la conscience, les changements que subit le corps au cours, par exemple, des phases de la puberté, du climacterium, de la grossesse, du puerperium, de l'involution sénile : cette région de l'écorce serait un terrain tout préparé pour le développement de nombre de « maladies de la conscience ».

Quoi qu'il en soit, de même que notre idée ou représentation du monde extérieur n'est que la somme des images mentales résultant de nos sensations externes, la conscience que nous avons de notre corps n'est également que la somme des images formées par les souvenirs de toutes nos sensations organiques ou internes, cénesthésiques. Au regard des parties du monde extérieur, celles de notre corps soutiennent des rapports relativement stables : la représentation de notre corps correspond, dans la conscience, à ce que WERNICKE appelle une notion (*Begriff*) d'ensemble, à un grand tout unique (*totum*). Aucune des images des diverses régions de ce milieu interne n'atteint le degré de discrimination de nos représentations du monde. Variété ici, unité là. WERNICKE incline même à voir dans cette sorte d'unité indivisible de la « conscience corporelle » la condition de la simplicité et de l'indivisibilité apparente de l'idée du moi, au moins du « moi primaire » de MEYNERT.

Les idées de WERNICKE qui, quoique d'une originalité si élevée, ont tant d'affinités avec celles de MEYNERT, et aussi avec celles de GRIESINGER et de H. MUNK, se sont très largement répandues, en ces dernières années, grâce aux remarquables travaux des élèves de ce maître, HEINRICH SACHS, LISSAUER, C. S. FREUND. Tous ces travaux sont pénétrés d'un véritable esprit philosophique, au sens vraiment scientifique du mot. Les faits cliniques servant de point de départ aux études anatomiques et physiologiques de ces auteurs ont été, par un bonheur qui ne peut être tout à fait l'œuvre de pures rencontres, presque toujours d'une rare pureté. De là, chez ces cliniciens, des aperçus d'une pénétration peu ordinaire sur le mécanisme des fonctions de l'intelligence. Il sera parlé ailleurs des travaux de C. S. FREUND sur l'aphasie optique, ou aphasie sensorielle optique,

comme il appelle cette affection, le pendant de l'aphasie sensorielle acoustique de WERNICKE, et la cécité psychique. Nous signalerons plus loin la théorie des *Paralysies psychiques* du même auteur.

Sensations organiques ou internes (endogènes). — FLECHSIG divise en deux grands groupes, d'après leur origine, les sensations (*Empfindungen*) : les unes sont d'origine *exogène*, les autres d'origine *endogène* ; on nomme donc les premières *externes*, les secondes *internes*. L'écorce du cerveau, c'est-à-dire les différentes aires de projection sensitive et sensorielles, lui semble la condition nécessaire et des sensations des sens spéciaux (*Sinnesempfindungen*), vision, audition, olfaction, tact, et de leur perception (*Sinneswarhnehmung*). En est-il de même pour les sensations organiques (*Organ-Empfindungen*)? Parmi ces dernières, les unes servent, comme les premières, à la perception des choses du monde extérieur, les autres non. Ainsi les *sensations kinesthésiques*, liées à l'appareil moteur, et constituées d'un ensemble de sensations particulières nées des muscles, des tendons, des articulations, des os et de la sensibilité cutanée, nous renseignent, entre autres usages, sur le poids des objets, etc. D'autres sensations organiques se rapportent uniquement à la perception de notre corps, à celle de ses besoins, de l'exercice, de la fatigue et des altérations de ses fonctions. Ce sont ces dernières sensations qui se manifestent plus ou moins vaguement à la conscience sous forme d'instincts, de besoins de la vie organique, d'impulsions causées par la faim, la soif, la *libido sexualis*, en rapport avec certaines parties du corps, tels que le pharynx, l'abdomen, etc. Ces sentiments sont localisés ; ils possèdent eux aussi des signes locaux (*localisirte Triebgefühle, Localzeichen der Triebe*). Ces états de l'organisme peuvent même être directement déterminés par un certain état d'excitation des appareils moteurs du système nerveux central (*Reizung motorischer Centralapparate*). Ces sortes de sensations internes, ces sentiments (*Triebgefühle*), sont surtout caractérisés par ce qu'on nomme leur « ton affectif », c'est-à-dire par des états de la sensibilité générale appelés douleur ou plaisir (*Gefühlstöne der Empfindungen*). FLECHSIG signale comme une doctrine arriérée celle de quelques psychologues qui aujourd'hui encore considèrent comme quelque chose de spécial et de distinct, d'isolable des sensations organiques (*Organempfindungen*), ces états affectifs de douleur et de plaisir (*Lust-u. Unlustgefühle*). Peut-être y voient-ils la réaction d'une « âme »?

Un fait subsiste, c'est qu'*il n'y pas de sensation sans ton affectif*. Même chez les monstres anencéphales, auxquels manque absolument le cerveau antérieur, chez les fœtus de huit mois, dont les éléments nerveux de l'écorce cérébrale ne sont nulle part capables de fonc-

tionner, l'expression de la douleur, les réactions objectives du *ton affectif* des sentiments de douleur et de plaisir, sont d'observation commune. Il n'y a donc point de raison suffisante de croire que l'existence des sensations organiques (perçues ou non perçues), que le ton affectif qui les accompagne, douleur ou plaisir, implique de nécessité la présence d'une écorce cérébrale, c'est-à-dire de l'organe de la conscience. Une partie de ces sensations organiques a lieu probablement, selon Flechsig, et exclusivement, dans les centres encéphaliques inférieurs (*niedere Hirntheile*), par exemple dans les tubercules quadrijumeaux : « Il ne faut donc pas affirmer que tous les phénomènes de conscience sont des fonctions de l'écorce cérébrale. Je suis ici d'accord avec Goltz qui, même chez un chien sans cerveau, admet volontiers des excitations psychiques (*seelische Regungen*) (1). » En parlant de phénomènes de conscience locale des ganglions sous-corticaux de l'encéphale, Flechsig postule un fait dont il ne saurait apporter aucune démonstration. Mais il a pour lui la logique, et nous inclinons une fois de plus à supposer que les centres nerveux du rhinencéphale, du ganglion de la base, du diencéphale, du mésencéphale, du rhombencéphale et des chaînes ganglionnaires de la moelle et du grand sympathique peuvent, dans certains états, chez les mammifères supérieurs eux-mêmes, retrouver des fonctions d'ordre psychique, propres à leurs éléments, et dont la persistance, à quelque degré qu'on l'imagine, est un fait admis par Steiner, Edinger, von Monakow, etc., chez tous les vertébrés et les invertébrés.

Wernicke, au sujet des sensations et représentations organiques ou du milieu interne, des événements cénesthésiques, avait fait la remarque que tout le contenu de notre conscience (dont le siège est dans les hémisphères du cerveau antérieur) ne dérive pas des sensations venues du monde extérieur : une autre partie a pour origine les sensations nées des organes internes de notre propre corps. Pour le cerveau, d'ailleurs, le corps fait partie du monde extérieur, et nous ne pouvons acquérir quelque connaissance des états de ce corps que par l'intermédiaire des nerfs afférents de notre névraxe. Il en est de même pour les mouvements des parties dont l'innervation est purement réflexe ou automatique, c'est-à-dire sans participation de la volonté. Les sensations d'innervation (articulaires, musculaires, etc.) de ces mouvements arrivent perpétuellement dans

(1) Il s'agit exclusivement ici, pour Flechsig, de sentiments de douleur, non de plaisir, encore que Goltz parle du contentement apparent de son chien décérébré lorsqu'il apaisait son besoin de nourriture. S'appuyant sur les observations de W. Preyer (*Die Seele des Kindes*). Flechsig estime que les enfants montrent des sentiments de plaisir évidents (*Lustgefühle*) beaucoup plus tard que les sentiments de douleur (*Unlustgefühle*).

l'écorce du télencéphale, ainsi que celles de la sensibilité tactile et de la sensibilité viscérale (1). Ce qu'a dit WERNICKE de la genèse des idées ou images des objets du monde extérieur vaut également pour celle des notions de nos états internes. L'explication de la formation de la notion des objets (*Begriffsbildung*) est tout entière dans cette circonstance que les choses concrètes affectent toujours simultanément plusieurs sens à la fois : les images, ou les conditions des images, persistant à l'état de souvenir, sont donc, une fois acquises, disposées en groupes définis et déterminés : c'est sur ces rapports que repose finalement l'association des idées (*Begriffe*), ou plutôt des souvenirs (*Erinnerungsbilder*) qui les constituent, et qui sont toujours accompagnés de représentations motrices (*Bewegungsvorstellungen*). Or, les notions dérivées des impressions et des sensations musculaires, articulaires, viscérales, etc., perçues par l'écorce du cerveau antérieur, pour être moins complexes que celles qui résultent de l'exercice des sens spéciaux, n'en forment pas moins des complexus très vastes où tous les modes de la sensibilité générale figurent comme éléments. Ce sont là les matériaux avec lesquels le moi, la conscience cénesthésique du corps, s'édifie. Les centres nerveux de la « vie végétative », que l'ancienne physiologie appelait « fonctionnels » ou inconscients, et « instinctifs », conscients et doués de manifestations irrésistibles et fatales, et les organes qu'ils innervent, sont représentés, avec leurs sensations et avec le ton affectif (émotions, etc.) qui accompagne ces sensations, dans l'écorce du télencéphale, comme le sont les centres nerveux de la vie animale et les organes « intellectuels », dont les fonctions les plus élevées, acquises ou développées au cours de l'existence ontogénique, telles que le langage, deviennent d'ailleurs, à l'user, plus ou moins involontaires et automatiques.

Nul doute, par conséquent, que toutes les représentations cérébrales ne soient pas des résidus de sensations venues du milieu externe où vit l'animal ; le milieu interne, qui équivaut d'ailleurs au milieu externe pour tous les centres de perception du névraxe, livre naturellement d'abondants matériaux, sous forme de sensations internes, pour la construction de la vie mentale à tous ses degrés. « Ce fait, disait déjà LÉLUT, avec sa pénétration habituelle, n'aura rien qui étonne si l'on réfléchit à tout ce que la vie intellectuelle puise, dès ses premiers temps, d'éléments et d'occasions dans les impressions des viscères, en vertu de la liaison naturelle qui existe entre leurs centres nerveux et ceux du sentiment et de la pensée. »

(1) C. WERNICKE. *Gesammelte Aufsätze zur Pathologie des Nervensystems.* Berlin, 1893, 130-136.

Lélut a très bien vu, à ce sujet, que la transformation des idées en sensations internes peut avoir lieu de deux façons, c'est-à-dire dans deux conditions physiologiques dont la différence en entraîne une, dit-il, dans la manière dont doit être conçu le phénomène : les *illusions* et les *hallucinations internes* résultent, comme les *externes,* de « l'application d'une idée à une sensation qui les provoque et lui sert pour ainsi dire de soutien. Lorsqu'au contraire, et le plus rarement, elles n'ont rien à démêler avec aucune affection des viscères, on les voit, ainsi que les hallucinations externes, consister soit dans la substitution d'une sensation, qui peut être interne aussi bien qu'externe, à une idée qui l'appelle, comme lorsqu'un halluciné finit par *sentir dans ses entrailles la douleur tactile de l'empoisonnement* que d'abord il avait craint, soit dans le transport intérieur d'une fausse perception essentiellement externe, comme lorsque certaines voix lui traduisent dans la profondeur du ventre des pensées qui étaient depuis des années les siennes. Dans tous ces cas d'*hallucinations internes,* l'halluciné rapporte au-dedans de lui-même, sous forme de perceptions fausses, des idées que, dans les hallucinations externes, il rapporte à l'étendue extérieure. C'est là, au point de vue psychologique, la seule grande différence qu'il y ait entre ces deux ordres d'hallucination (1). » On sait donc depuis longtemps que des sensations du système nerveux sympathique ou viscéral peuvent déterminer l'explosion de certains délires chez les prédisposés. Il en est de même des anesthésies, des paresthésies, des hyperesthésies et des névralgies qui accompagnent souvent les affections viscérales (Head). L'hypocondrie avec troubles de la sensibilité viscérale est très commune chez les femmes (Mendel).

Depuis Esquirol, dont les observations à ce sujet sont classiques, on ne compte plus les observations de psychoses dont le point de départ a été un catarrhe de l'estomac, une tumeur des ovaires, des douleurs péritonéales. Les effets des névroses vaso-motrices ne sont pas moins connus. Dans un cas de mélancolie hypocondriaque où il existait aussi une affection du sympathique cervical, provoquant, entre autres symptômes, une hyperthermie considérable de la moitié du visage correspondant, le malade prétendait que sa tête était composée de deux moitiés différentes. De véritables accès de *délire,* transitoires et isolés, ont été observés au cours de *névralgies* violemment douloureuses de la cinquième paire (2).

Le réflexe de succion chez le nouveau-né ou chez l'anencéphale peut et doit être aujourd'hui décrit comme l'a fait Brissaud. L'interprétation seule

(1) Lélut. *L'Amulette de Pascal*, 96 sq.

(2) L. Laquer cite plusieurs cas de ces « délires de douleur » (*Schmerzdelirien*). V. *Ueber Hirnerscheinungen bei heftigen Schmerzanfällen* (1894).

des phénomènes élémentaires de ce mécanisme peut encore être discutée. « Lorsque l'enfant vient au monde, écrit BRISSAUD (1), il est immédiatement en état d'exécuter la série des mouvements qui, en produisant le vide dans la cavité buccale, ont pour résultat l'aspiration du lait maternel. Rien que l'introduction du mamelon entre les lèvres provoque — c'est le simple fait du contact — la série méthodique des actes musculaires réalisant ce vide aspiratif. Il ne peut être ici question de *sensation* à proprement parler. C'est-à-dire que le nouveau-né ne *perçoit* pas le contact (2). Sa personnalité n'est encore que bulbo-médullaire ; et la stimulation des nerfs centripètes ramifiés dans la muqueuse et dans le tégument des lèvres suffit pour mettre en mouvement toutes les pièces de l'appareil aspirateur. Dans la présentation de la face, le fœtus qui ignore tout ce qui est du monde extérieur et qui n'a encore que sa respiration placentaire, sait exercer déjà des mouvements de succion sur le doigt de l'accoucheur. Quels sont les muscles qui accomplissent ce premier acte de la vie de « relation » ?

« 1° Ce sont d'abord tous les muscles de l'*orifice buccal* et les muscles des *joues* innervés les uns et les autres par la *septième paire crânienne* ; 2° les muscles de la *langue* innervés par la *douzième paire* ; 3° les *muscles abaisseurs de la mâchoire* innervés par *les premières paires cervicales* ; 4° les *muscles releveurs de la mâchoire* innervés par la *branche masticatrice* de la *cinquième paire crânienne* ; 5° les *muscles* à proprement parler *aspirateurs*, c'est-à-dire ceux qui sont, comme le phrénique, tributaires d'un certain nombre de racines cervicales. Or, les réactions motrices de tous ces muscles ne sont nullement comparables à la réaction motrice d'un réflexe élémentaire, du réflxe abdominal, par exemple. Les mouvements provoqués par

---

(1) E. BRISSAUD. *Leçons sur les maladies nerveuses*. Deuxième série (Hôpital Saint-Antoine). Recueillies par HENRY MEIGE. Paris, 1899, 8 sq.

(2) Nous pensons, au contraire, que, pour n'être point perçue par l'écorce du télencéphale, une *sensation*, pour être telle, c'est-à-dire pour déterminer, au cas où les conditions de durée et d'intensité sont suffisantes, un effet quelconque, un mouvement ou une sécrétion en réponse, directement ou indirectement, n'en doit pas moins être *perçue* par les différents centres échelonnés du névraxe où s'arborisent les axones des protoneurones sensitifs ou sensoriels. Ce n'est, d'ailleurs, surtout avec BRISSAUD, qu'une question de définition de mots. Cette question a pourtant son importance, puisque nombre de psychologues contemporains, tels que ZIEHEN, restreignent à l'étude des états conscients de l'écorce du cerveau antérieur la science des fonctions psychiques. Quoique arbitraire, cette manière de voir peut sans doute être acceptée, si l'on convient des distinctions très fondées que tout physiologiste fera, croyons-nous, avec CLAUDE BERNARD, en ce domaine de la connaissance. C'est, en effet, depuis LEIBNITZ, un point de fait et de doctrine bien établi, qu'il existe des sensations insensibles. Ces sensations n'en sont pas moins réelles pour n'être point perçues par la conscience télencéphalique. Or, toute la psychologie repose sur un fondement unique : le réflexe ; en d'autres termes, sur la propriété élémentaire de tout protoplasma, végétal ou animal, de réagir à des excitations nécessairement perçues, et cela d'après des lois mathématiques qui déjà ne le cèdent guère en rigueur à celles du reste de la physique.

l'excitation périphérique du tégument muqueux et cutané des lèvres, sont des mouvements coordonnés ; ils ne sont pas simultanés, ils se suivent et s'enchaînent : chacun d'eux vient en son temps. Voilà le fait, non plus d'un centre spinal, mais d'un centre plus élevé, *sous-cortical*. C'est la masse grise *opto-striée* qui paraît être la région de l'axe nerveux où s'effectue cette division méthodique du travail musculaire. »

Une figure schématique de Brissaud montre la répartition des prolongements cellulifuges du protoneurone centripète (P_n), supposé ici appartenir au noyau de la cinquième paire, au ganglion de Gasser (GG), les prolongements protoplasmiques ou cellulipètes de ce neurone se ramifiant dans le derme muqueux et cutané des lèvres. « Une des collatérales de l'axone est déjà certainement en contact avec le myoneurone de la IXe et de la Xe paire, car une excitation violente, comme un pincement ou une piqûre des lèvres, ferait crier l'enfant, et le *cri*, acte réflexe *bulbaire*, a pour centre d'innervation les noyaux des IXe et X^e paires. Mais, malgré le cri, la douleur n'est pas *perçue* (1). L'excitation centripète, si forte qu'elle soit, n'est même pas, à vrai dire, douloureuse, car la douleur c'est la perception de l'excitation trop forte ; et la perception, phénomène cortical, exige le contact de l'axone du *protoneurone* avec les dendrites du *deutoneurone centripète* (D_n), lequel représente l'anastomose cérébro-spinale centripète. Ce contact ne s'établira que plus tard. L'apprentissage de la douleur exige cette anastomose. Une troisième collatérale est, dès avant la naissance, en contact avec un deutoneurone sous-cortical, et c'est ce deutoneurone qui préside à l'action coordonnée des muscles. Il est possible que l'articulation du deutoneurone avec le protoneurone soit directe. Il est possible aussi, mais non pas démontré, qu'elle soit indirecte, c'est-à-dire qu'un troisième neurone s'intercale entre celui-ci et celui-là. Quoi qu'il en soit, le *neurone sous-cortical de coordination* pour le *réflexe de succion*, distribue les collatérales de son axone aux Ve, VIIe, X^e, XIe et XIIe paires crâniennes et aux premières paires cervicales. Notez, fait remarquer Brissaud, que ce *neurone sous-cortical de coordination* (thalamus), qui tient sous sa dépendance tant de paires nerveuses, c'est-à-dire tant de myoneurones étagés, pourra entrer en activité sous l'influence d'une stimulation autre que l'excitation périphérique du *protoneurone* ramifié

(1) L'excitation du protoneurone, suffisamment intense pour provoquer les réflexes de la douleur, est naturellement *perçue* par les divers segments du névraxe, y compris le *thalamus*, qu'indique Brissaud ; mais la douleur comme telle implique l'existence d'un *souvenir* conscient, c'est-à-dire d'une sensation, ou d'un résidu de sensations associées, dans l'écorce du cerveau antérieur. Brissaud a fort bien compris tout ce mécanisme, qui exclue jusqu'à l'hypothèse de nerfs et de centres corticaux de la douleur.

dans les lèvres : le *neurone pyramidal*, lorsque le développement de son axone le lui permettra, viendra au contact du *neurone sous-cortical de coordination* qui, dans les centres sous-corticaux, tient sous sa dépendance la série des noyaux ou des neurones indispensables à l'acte musculaire complexe de la succion. Alors le phénomène réflexe sera indirect ; sa voie détournée sera celle de tous les actes volontaires, puisque le neurone pyramidal est le neurone du « faisceau volontaire ». D'ailleurs les prolongements protoplasmiques de ce dernier neurone ne sont pas plus *sensibles* que le prolongement cylindraxile du même neurone n'est *moteur* : celui-ci est cellulifuge, ceux-là sont cellulipètes ; voilà tout.

Les fibres qui, de la moelle épinière, vont aux *ganglions sympathiques*, mettent en connexion un certain nombre de cellules de la moelle avec les cellules des ganglions — de la même manière que les fibres des faisceaux pyramidaux relient leurs cellules d'origine de l'écorce cérébrale avec les cellules des cornes antérieures de la moelle épinière. Ces fibres spinales deviennent *pilomotrices, vaso-motrices,* ou *sécrétrices,* selon que les fibres issues des cellules sympathiques avec lesquelles les fibres spinales entrent en rapport de contiguïté, se terminent soit dans les *muscles érecteurs des poils,* soit dans les *muscles vaso-moteurs*, soit dans les *glandes sudorifères,* etc.

Les *fibres nerveuses viscérales,* dans leur trajet entre le *système nerveux central* et les cellules nerveuses des *ganglions sympathiques,* peuvent être appelées *préganglionnaires* ; celles qui émanent des cellules des ganglions sympathiques peuvent, sur tout leur parcours périphérique, être nommées *postganglionnaires.* Les *rameaux gris* ou fibres sympathiques sont formés de *fibres postganglionnaires* et n'ont pas de cellules nerveuses sur leur parcours périphérique. Chaque rameau gris possède essentiellement une aire de distribution périphérique égale à celle des fibres sensitives du nerf avec lequel il chemine de concert (Langley). Le système sympathique reçoit des fibres spinales (*fibres préganglionnaires du sympathique*) depuis le 1er nerf thoracique jusqu'au 4e-5e nerf lombaire seulement. Les fibres spinales destinées au sympathique passent par les *rameaux blancs,* et non par les *rameaux gris* (Gaskell). Les *fibres efférentes* passent par les *racines antérieures,* les *fibres afférentes* par les *racines postérieures* et se mettent en connexion avec la *chaîne du sympathique*. Les cellules d'un ganglion n'envoient pas de fibres postganglionnaires aux cellules d'un autre ganglion : les ganglions sympathiques lombaires n'envoient pas de fibres aux ganglions mésentériques inférieurs ; le ganglion étoilé et le ganglion cervical inférieur n'envoient pas de fibres au ganglion cortical supérieur, etc.

Maurice Schiff avait observé, en étudiant les rapports du sympathique d'une part avec la moelle épinière, de l'autre avec les *muscles pilomoteurs,* que l'érection caractéristique des poils de la queue d'un chat, en présence

d'un chien, ne se produisait plus après la section du sympathique. Les observations fondamentales de LANGLEY et de SHERRINGTON, qui plus tard dénommèrent ainsi ces nerfs, peuvent se résumer ainsi (1) : « Les poils du singe, du chat, et probablement de tous les animaux où se manifeste le phénomène de l'horripilation, sous l'influence d'*émotions vives*, telles que la *peur* ou la *colère*, peuvent s'ériger lorsqu'on excite les fibres nerveuses qui sortent de la moelle épinière et traversent le système du sympathique. *Les muscles érecteurs des poils ne sont jamais directement innervés par des fibres spinales.* Chez les singes (*Macacus rhesus*), les fibres pilomotrices pour la *face* et la *tête* abandonnent la moelle épinière le long des *racines antérieures* du 3ᵉ ou du 4ᵉ *nerf thoracique*, en moins grand nombre, du 2ᵉ et du 5ᵉ ; elles passent ensuite dans la chaîne du sympathique, montent le long du sympathique cervical et entrent en connexion avec les cellules nerveuses du ganglion cervical supérieur. L'effet de la *stimulation* de ces fibres est surtout *homolatéral*; il s'étend toutefois un peu du côté opposé au delà de la ligne médiane. Après l'excitation, l'érection des poils prend fin; ils reviennent à leur position normale. *Si l'on sectionne le sympathique cervical, les poils des régions correspondantes demeurent pour toujours abattus.* » Ainsi, chez un singe qui avait subi une hémisection du sympathique cervical, la colère et la peur n'érigeaient plus que des poils d'un côté du corps, du côté sain. Les fibres pilomotrices de la cuisse, de la queue, etc., sortent de la moelle épinière le long des racines du 12ᵉ nerf thoracique, du 1ᵉʳ, 2ᵉ et 3ᵉ *nerf lombaire*, et passent, en descendant, dans la chaîne du *sympathique lombo-sacré*. Chaque nerf spinal, dont les racines contiennent des fibres pilomotrices, est en connexion avec quatre ou cinq ganglions sympathiques et avec leurs rameaux gris. LANGLEY a même pu se servir des nerfs pilomoteurs pour établir les connexions des divers *ganglions sympathiques* avec la *moelle épinière* et avec la *peau*. Les *fibres pilomotrices* et les *fibres sensitives* cheminent de conserve jusqu'à leur entrée dans la peau : la majeure partie d'une aire cutanée innervée par des fibres pilomotrices appartenant à un rameau gris est également innervée par des fibres sensitives du nerf spinal correspondant. LANGLEY croit pourtant que les *fibres sensitives* des nerfs cutanés se distribuent à la peau sur une plus grande étendue que les fibres pilomotrices. Comme il en va de même pour les *fibres sudorales*, il suit, relati-

---

(1) J. N. LANGLEY et SHERRINGTON. *On pilo-motor nerves*. Journ. of physiol., XII, 278-91. Cf. F. BOTAZZI. *La fisiologia del simpatico secondo le ricerche di* J. N. LANGLEY *e dei suoi collaboratori* (DICKINSON, SHERRINGTON, ANDERSON). Riv. di patol. nerv. et ment., 1898, 145-178. V. p. 173 le schéma du mécanisme des réflexes sympathiques déterminés par l'intermédiaire des nerfs spinaux.

vement à la peau, que *la distribution de toutes les fibres sympathiques* qui cheminent de conserve avec un *nerf spinal* est essentiellement la même que celle des fibres sensitives de ce nerf. L'aire cutanée innervée par le rameau gris de chaque ganglion sympathique correspond ainsi essentiellement à l'aire cutanée innervée par les fibres sensitives, encore qu'il existe quelques différences dans les aires des *extrémités* et du *tronc* (SHERRINGTON).



INNERVATION CENTRALE DE LA RESPIRATION

Des centres nerveux de régions fort diverses du névraxe ont été indiqués dont l'excitation ou la destruction serait capable de déterminer des troubles correspondants des mouvements de la respiration, soit dans la moelle allongée (LEGALLOIS, FLOURENS), soit dans la moelle épinière (ROKITANSKY, etc.), soit dans le troisième ventricule ou au voisinage de l'aqueduc de SYLVIUS, soit dans le corps strié, la couche optique, etc.

Dès 1874, B. DANILEWSKY (Charkow) fit connaître les résultats des expériences qu'il avait commencées dans le laboratoire de son maître, le professeur SEZELKOW touchant l'influence du cerveau sur la circulation du sang et la respiration, la tonicité des divers sphincters, etc. Les modifications bien connues de ces fonctions sous l'influence des émotions, des passions, semblaient démontrer « l'existence dans les lobes du cerveau, écrivait-il, de *centra* dont l'activité purement psychique peut provoquer ces changements psychoréflexes, même en l'absence de tout stimulus immédiat antécédent. Il serait possible d'admettre que des excitations parties de ces centres cérébraux se rendent, par des voies à nous encore inconnues, aux centres réflexes et automatiques de la moelle allongée, dont l'excitation, d'autre part, peut être aussi directement provoquée de la périphérie, sans participation immédiate du cerveau, du moins de la substance corticale » (1).

Dans une première série d'expériences, et en ne considérant ici que les effets obtenus par l'excitation directe de l'écorce, il nota une légère *élévation de la pression sanguine avec ralentissement du pouls* après une excitation exclusivement localisée à la circonvolution suprasylvienne d'OWEN, point correspondant au siège du centre du nerf facial de HITZIG (fig. 10 et 12); « l'excitation de la substance blanche sous-jacente à ce point provoqua les mêmes modifications de la pression sanguine et du pouls, même après l'extirpation des centres du facial. »

Dans une autre série d'expériences sur le même objet, l'influence des

---

(1) B. DANILEWSKY. *Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Gehirns.* Arch. für d. ges. Physiologie (PFLÜGER), 1875, XI, 128 sq.

lobes cérébraux sur la respiration, instituées sur de jeunes chiens et chats morphinisés à faible dose, respirant normalement, par la bouche, la stimulation des mêmes régions de l'écorce fut suivie d'un *ralentissement de la respiration* avec inspirations plus profondes et expirations plus ralenties selon le degré d'intensité du stimulus. Au contraire, l'application des électrodes à la base du cerveau, avec un courant suffisamment fort, se diffusant aux pédoncules du cerveau, déterminait une *accélération de la respiration* : celle-ci devenait plus forte et plus agitée, comme il arrive après l'irritation de la dure-mère (1) ou celle d'un nerf sensible périphérique, entraînant des cris, des gémissements.

Dans ces expériences, DANILEWSKY avait surtout insisté sur les effets de l'excitation du corps strié touchant le même ordre de phénomènes, c'est-à-dire les changements de la circulation et de la respiration, « modi-

---

(1) DANILEWSKY avait plusieurs fois constaté dans ces expériences la haute sensibilité de la *dure-mère* ainsi que l'anesthésie complète de la *pie-mère*. ALEXANDER découvrit, en 1875, avec la méthode au chlorure d'or, que la dure-mère du cerveau possède des nerfs propres qui se ramifient dans son épaisseur. Mais le défaut d'une réaction complète ne lui permit pas de voir comment ces nerfs se terminaient. ARNOLD avait constaté l'existence de nerfs vaso-moteurs dans cette même membrane, ce que confirma d'ABUNDO, après ALEXANDER encore, au moyen de la coloration de WEIGERT. JACQUES, avec la coloration vitale au bleu de méthylène d'EHRLICH, aperçut, dans la dure-mère cérébrale de jeunes chiens, de libres terminaisons nerveuses. Une observation d'ACQUISTO et d'E. PUSATERI, portant sur la dure-mère d'un fœtus humain de quatre mois, leur a permis de constater, sur les préparations traitées par la méthode au chlorure d'or, la présence : 1° de *nerfs vaso-moteurs*, dont les fibres amyéliniques accompagnent, sous forme de deux troncs nerveux, les vaisseaux de la dure-mère jusque dans leurs plus longues ramifications ; 2° de *nerfs propres*, formés de fibres à myéline, ramifiés dans toute l'épaisseur de la dure-mère, où ces fibres forment un plexus à larges et à petites mailles plus ou moins irrégulières. Ces fibrilles donnent naissance à des collatérales qui prennent part à la formation d'un réticulum nerveux constitué par les « anastomoses » des ramifications ultimes des fibrilles principales. Les préparations de méninge des petits mammifères, exécutées au bleu de méthylène, ont confirmé ces résultats. Enfin, les auteurs italiens ont pu isoler d'autres fibres encore, distinctes des précédentes, dont personne n'avait encore fait mention (*).

Quelles sont les fonctions des nerfs propres de la dure-mère cérébrale ? KRAUSE a rencontré dans cette méninge des corpuscules terminaux de sensibilité générale. On connaît, d'autre part, les douleurs intenses provoquées par les processus pathologiques de cette membrane. Ces symptômes s'expliquent dès qu'on les considère comme des effets de la compression exercée par des exsudats ou par des tissus de néoformation sur les terminaisons nerveuses de nature sensitive de ces nerfs. On sait, en outre, par les expériences des physiologistes, que la dure-mère est très sensible aux stimuli dolorifiques. « Nous inclinons donc à considérer cette membrane comme une véritable surface sensible, et ses nerfs propres comme destinés à des fonctions essentiellement sensitives. » Une hypothèse : Est-il probable que les *variations de pression du liquide céphalo-rachidien* déterminent sur les *nerfs propres de la dure-mère* des excitations de nature à provoquer, *par voie réflexe*, des phénomènes *vaso-moteurs*, qui, en modifiant les conditions de la circulation cérébrale, régleraient la production du liquide céphalo-rachidien ? Si cela était démontré, on en pourrait conclure que les nerfs de la dure-mère cérébrale sont destinés à une fonction physiologique d'une importance considérable.

(*) *Sulle terminazioni nerv. nella dura matre cerebrale del uomo*. Riv. di patol. nerv. e ment., 1896, I, 267.

fications semblables à celles qui accompagnent les manifestations psycho-réflexes des états affectifs ». Il n'était même pas tout à fait certain que les phénomènes qu'il avait observés après l'excitation de l'aire corticale considérée ne fussent pas la suite d'une diffusion du courant au corps strié. Toutefois, la coexistence, en un même centre, de fonctions telles que celles des mouvements de la *mimique faciale* et des réflexes de la *respiration* et de la *circulation,* ne laissait pas de paraître très séduisante au jeune physiologiste russe. Mais les découvertes de Hitzig étaient encore bien récentes; on demandait des preuves plus assurées. Relativement au mécanisme de ces réflexes de la circulation, Danilewsky inclinait fort à croire que le centre vaso-moteur de la moelle allongée n'y avait guère de part et qu'il résultait d'un renforcement de l'activité du cœur.

Munk, en plaçant les électrodes sur la *convexité* du *lobe frontal,* à quelques millimètres en avant de ce qu'il appelle le « sillon frontal principal » (1), et un peu latéralement à son extrémité interne, provoqua un *arrêt de la respiration* en inspiration profonde du thorax et en contraction tétanique du diaphragme, comme on le voyait quand l'abdomen était ouvert. Le tétanus respiratoire persistait quelques instants après la cessation de l'excitation, puis la respiration s'accélérait et revenait peu à peu à la normale. Souvent une accélération de la respiration précédait le tétanus respiratoire; avec des inspirations plus profondes et de plus petites expirations, le thorax et le diaphragme se rapprochent graduellement de la position d'inspiration la plus étendue et y persistent finalement. Les muscles de l'abdomen restent relâchés durant l'excitation et ne reprennent leur activité antérieure qu'à la fin de l'effet consécutif de l'excitation, s'ils étaient engagés, au moment de la stimulation, dans un mouvement d'expiration. « Le point d'excitation qui détermine ces mêmes effets est constant et on le trouve régulièrement le même », écrivait Munk en 1882, dans son mémoire célèbre sur les *lobes frontaux du chien et du singe* (2). Il ajoutait que toute idée de diffusion du courant soit à la dure-mère, soit aux territoires corticaux voisins comme pouvant être la cause des mouvements d'*inspiration* devait être écartée, dès qu'on s'était convaincu par l'expérience que ce point circonscrit de l'écorce, et non un autre, déterminait des réactions, du moins dans cette région du manteau. Maintenant si les électrodes étaient portées à la *face*

---

(1) L'*Hauptstirnfurche* de Munk est la « vordere oder senkrechte Hauptfurche » de Pansch (R de Broca, v. Eberstaller, p. 128), qui, comme une limite naturelle, sépare le lobe frontal du lobe pariétal. Munk renvoie lui-même à Ecker, *Die Hirnwindungen des Menschen* (1869), p. 7.

(2) *Stirnlappen von Hund und Affe*. Elfte Mittheilung. Gelesen in der Gesammtsitzung der K. Akad. d. Wiss. zu Berlin am 20 Juli 1882. *Ueber die Functionen der Grosshirnrinde*. Berlin, 1890, p. 164-5, 167.

inférieure du *lobe frontal,* vers le milieu, l'excitation était suivie soit d'une expiration intense par l'effet d'une forte contraction tétanique des muscles abdominaux, soit de contractions extraordinairement fréquentes, saccadées, de ces muscles, mais toujours de peu d'amplitude, et du retour à leur position de repos du diaphragme et du thorax. Ici il est arrivé quelquefois à Munk de ne pouvoir trouver sur un hémisphère ou même sur les deux le point dont l'excitation provoque ces réactions. Dès qu'on l'a trouvé, il ne faut pas s'en écarter si l'on veut obtenir la réaction prévue. Si les électrodes sont rapprochées en avant ou latéralement du *bulbe* ou du *tractus olfactorius,* ou l'excitation demeure sans effet, ou des éternuements et de la toux se produisent, plus rarement des gémissements, effets qui s'observent également, et plus nettement encore, lorsque les électrodes sont mises en contact avec le *bulbe* ou le *tractus olfactorius* : le tétanus ou les petites contractions saccadées des muscles abdominaux n'ont jamais lieu dans ces conditions.

Chez le singe, si les électrodes sont placées sur la branche horizontale du *sulcus præcentralis,* le thorax et le diaphragme prennent la position de l'inspiration tétanique (fig. 11); le déplacement des électrodes à quelque distance en dehors de ce même sillon est suivi d'un tétanus des muscles abdominaux. Dans ces mêmes conditions, il n'est pas rare, suivant Munk, de voir un mouvement d'extension de la colonne vertébrale dorsale et lombaire s'associer au tétanus inspiratoire.

Misslawski a isolé, dans la moelle allongée, un groupe de cellules nerveuses qui représenterait le « primum movens » des mouvements de la respiration, point central, constitué par deux centres distincts, d'inspiration et d'expiration, et constituant le centre réflexe de tous les nerfs sensibles en rapport avec cette fonction (1). L'ablation du *cerveau* et des tubercules quadrijumeaux n'ont, dans ces expériences, provoqué aucun changement essentiel des mouvements de la respiration : l'excitation, aussi bien que la destruction, des centres localisés dans ces grandes provinces du névraxe, n'avaient été suivies que d'altérations passagères de ces mouvements, combinées d'ailleurs avec d'autres troubles ressortissant à la locomotion.

Dans ses *Recherches expérimentales sur le mécanisme des mouvements de la respiration,* instituées sur des chiens, avec la méthode graphique, chiens morphinisés, Unverricht se servit de courants faradiques d'une intensité suffisante pour déterminer, appliqués sur les centres moteurs, des contrac-

(1) N. Misslawski. *Ueber das Athmungscentrum.* Dissert. Kasan, 1885. Neurol. Centralbl., 1886, 560.

tions musculaires. Il constata d'abord que, contrairement à ce qu'on avait soutenu, les mouvements de la respiration ne sont point uniformément provoqués par l'excitation de n'importe quel point de la région motrice. « Il m'a semblé, avait écrit BOCHEFONTAINE (1876), qui reconnaît d'ailleurs n'avoir pas étudié d'une manière spéciale les effets de l'excitation du cerveau sur la respiration, que tous les points du cerveau qui ont une action sur les mouvements des différentes parties du corps, ont également de l'action sur les mouvements respiratoires du thorax, chez les animaux chloralisés ». (1) FRANÇOIS FRANCK avait également pensé que, avec des courants de durée et d'intensité suffisantes, chaque point de la région corticale motrice du cerveau peut répondre à l'excitation par une modification du rythme ou de la phase des mouvements respiratoires. Par conséquent, il n'existait pas sur l'écorce cérébrale d'aires fonctionnelles soit de l'inspiration, soit de l'expiration. UNVERRICHT détermina *un point circonscrit* de l'écorce cérébrale dont l'excitation avait seule une action évidente et typique sur les mouvements de la respiration ; il était localisé sur la *IIIe circonvolution externe* de LEURET, chez le chien, *en dehors du centre de l'orbiculaire* (2). La modification apportée dans la respiration par la stimulation électrique de ce point consistait dans un *ralentissement des mouvements* de cet acte, de sorte que *la durée de la phase de l'expiration était plus longue*. Il s'agissait donc de *phénomènes d'arrêt*. Ces phénomènes s'exerçaient-ils d'*un centre cortical d'arrêt de la respiration*, ou pouvaient-ils s'expliquer autrement ?

UNVERRICHT écarte l'hypothèse qu'il s'agit d'une excitation des branches sensibles du trijumeau, attendu que des effets semblables auraient dû résulter de l'excitation d'autres points de l'écorce, ce qui n'était pas le cas. Les mêmes phénomènes s'expliquaient-ils par la nature réflexe des mouvements ainsi provoqués, suivant la théorie de FERRIER sur ce sujet? On sait que, d'après l'éminent physiologiste anglais, si, après l'excitation d'un point déterminé de l'écorce, l'animal dresse l'oreille du côté opposé et tourne latéralement les yeux, ce sont là des mouvements réflexes dus à des hallucinations sensorielles provoquées directement par la stimulation électrique du point considéré du cortex. UNVERRICHT, dans ses expériences, vit aussi l'oreille du côté opposé se dresser en excitant un point situé un peu en arrière du centre des mouvements respiratoires. On aurait donc pu croire, au sens de FERRIER, que l'inhibition de la respiration

---

(1) BOCHEFONTAINE. *Étude expérimentale de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise du cerveau*, etc., Arch. de phys., 1876, p. 168.

(2) UNVERRICHT. *Ueber experimentelle Untersuchungen über den Mechanismus der Athembewegungen*. Neurol. Centralbl., 1888, 274.

était de nature réflexe, car voici l'hypothèse qui d'elle-même se présentait : du fait de l'excitation de sa sphère auditive, l'animal éprouve des hallucinations ; il tourne pour cette raison son regard du côté opposé ; il écoute attentivement, l'oreille tendue, des sons étranges et inusités ; *sa respiration est suspendue*. Cette interprétation des faits, Unverricht ne saurait l'admettre, et tout d'abord pour les mouvements de l'oreille. L'excitation suffisamment intense de cette région détermine, en effet, l'apparition de convulsions, tout autant que celle du centre cortical du membre antérieur, dont les contractions musculaires se changent aussi insensiblement en spasmes, dans les mêmes conditions. Les phénomènes provoqués par l'excitation des régions corticales du membre antérieur et de l'oreille sont donc analogues. Or, on convient qu'il existe un centre fonctionnel propre de cette extrémité ; il n'y a donc pas de raison pour ne considérer les réactions motrices du second centre, celui des mouvements de l'oreille, que comme les effets purement réflexes d'excitations sensorielles. L'excitation électrique du centre de la respiration détermine d'ailleurs quelque chose d'analogue aux réactions convulsives observées avec des stimulations suffisamment intenses des régions de l'oreille ou du membre antérieur. Ainsi, Unverricht a vu souvent le ralentissement des mouvements respiratoires persister longtemps encore après l'enlèvement des électrodes ; dans d'autres cas, des arrêts de longue durée de ces mouvements amènent un accès spasmodique auquel on pourrait donner ici le nom de « spasmes d'arrêt » (*Hemmungskrämpfe*). Il paraît donc bien, quels que fussent les scrupules scientifiques qui assiégeaient alors l'esprit d'Unverricht, qu'il s'agissait, comme il est naturel, d'un centre cortical d'arrêt des mouvements de la respiration. L'action n'était pas due à la diffusion du courant à des centres sous-corticaux, car la stimulation électrique du territoire cortical immédiatement voisin du point en question n'était suivie d'aucun effet.

Munk, Preobraschensky, Christiani, Bechterew, Ostankow, Schukowski ont aussi circonscrit dans l'écorce cérébrale des *centres* dont l'excitation exerce sur la respiration une action très nette. S. Preobraschensky détermina, sur le chien, un arrêt de la respiration dans le stade expiratoire, en stimulant la partie antérieure et externe du sillon qui sépare la IIe de la IIIe circonvolution externe, point identique à celui d'Unverricht (1). Il a également réussi à localiser, chez le chat, le centre dont l'excitation provoque la contraction tonique inspiratoire du *diaphragme (Inspirationstetanus des Zwerchfells)*. Il n'a pu, chez le chien, découvrir le centre de l'expiration, encore qu'il ait vu l'application des électrodes sur divers

(1) *Ueber Athmungscentren in der Hirnrinde*. Wien. klin. Wochensch., 1890.

points provoquer une accélération ou un ralentissement de la respiration. Au cours de leurs expériences instituées sur des chiens, BECHTEREW et OSTANKOW ont toujours nettement constaté que l'excitation de l'extrémité antérieure de la IIe circonvolution, en dehors du gyrus sigmoïde, *immédiatement au-dessus du centre des mouvements de la déglutition,* déterminait une *accélération de la respiration* avec ralentissement de la phase d'expiration. L'enlèvement des électrodes de ce point de l'écorce faisait immédiatement cesser ce phénomène, qui reparaissait de nouveau, dès que les électrodes étaient remises en contact avec le même point. Dans ce dernier cas, ajoute BECHTEREW (1), la dyspnée expiratoire était assez souvent suivie immédiatement de l'acte de la déglutition, circonstance qui démontre les rapports de proximité existant entre le *centre des mouvements de la déglutition* et le *centre des mouvements de la respiration.*

---

(1) W. v. BECHTEREW und P. v. OSTANKOW. *Ueber den Einfluss der Grosshirnrinde auf den Schluckact und die Athmung.* Neurol. Centralbl., 1894, p. 580-4. Cf. L. LUCIANI. *Fisiologia dell' uomo,* 1899. I, 400.



Dès leurs premières recherches sur l'innervation centrale du *larynx*, Felix Semon et Victor Horsley n'ont jamais perdu de vue la double fonction de cet organe, celle de la *respiration* et celle de la *phonation*. Dans la *moelle allongée*, il existe un centre des mouvements de *respiration laryngée* distinct et indépendant de celui de la *respiration thoracique*. Ils ont en effet déterminé un tonus réflexe tenant la glotte ouverte tandis que le thorax continuait ses mouvements rythmiques de dilatation et de contraction. Le point dont l'excitation détermine l'ouverture persistante de la glotte est situé, chez le chat, à la partie supérieure du *plancher du IVe ventricule* (1). Dans le *bulbe*, la représentation du larynx est double. Le *centre cortical* de la respiration est moins développé chez le singe que chez le chat. Après Legallois, Semon et Horsley ont insisté, comme l'a fait plus tard Spencer, sur les différences de réaction présentées par les animaux de la même espèce, suivant l'âge, relativement aux effets de l'excitation expérimentale du système nerveux central de la respiration et de la phonation. Les fonctions de la respiration laryngée et thoracique sont beaucoup plus actives chez les jeunes que chez les adultes. Ce besoin est le plus accusé chez le chat et chez le cheval (Legallois); il est en tout cas plus grand que chez le chien. La fonction de la phonation, déterminée par l'adduction bilatérale des cordes vocales, est moins intense chez les jeunes singes que chez les adultes. De même chez le chien. Chez ces jeunes animaux, même avec de forts courants, Semon et Horsley n'ont pu déterminer, en excitant le centre cortical de la phonation, qu'une accélération remarquable de la respiration avec diminution du degré d'abduction, mais sans adduction complète des cordes du larynx. Bref, alors que dans l'écorce de ces jeunes animaux l'activité fonctionnelle des centres de la respiration est très largement représentée, celle de la phonation ne l'est qu'imparfaitement. Chez le jeune chat, ce défaut de différenciation

(1) Les mouvements laryngés de la phonation et de la respiration produits par l'excitation directe de différents points du plancher du IVe ventricule, chez les carnassiers, laissent planer encore quelques doutes sur le mécanisme véritable de ces mouvements dans cette région du névraxe.

des centres corticaux du larynx, à cet âge de la vie, s'étendrait même aux aires motrices des extrémités. Chez le chat il existe un centre cortical d'*abduction* des *cordes vocales*, tout près du *sulcus olfactorius*, dont on ne trouve pas trace chez le chien.

L'accélération de la *respiration* est produite, chez le chat comme chez le chien, par l'excitation du *gyrus praecrucialis*; la respiration devient plus profonde si l'on excite l'extrémité inférieure du *sulcus crucialis*. L'ouverture de la glotte (abduction des cordes vocales) s'accompagne quelquefois chez le chat, dans ces expériences, de mouvements associés de la langue (lèchement), de mastication et de déglutition.

Les fibres des faisceaux issus de ces centres corticaux, « les fibres de la respiration », descendent dans le *segment antérieur* et passent dans le *genou* de la *capsule interne*. La stimulation des faisceaux issus du gyrus précrucial est suivie de l'*accélération* des mouvements de la *respiration* et de ceux des cordes vocales; celle des fibres issues de l'isthme de cette circonvolution, de l'adduction de ces muscles; celle des fibres de l'extrémité inférieure du gyrus postcrucial d'une respiration plus profonde. Les « fibres de la phonation », chez les carnivores, passent par le *genou* et immédiatement en arrière du genou; chez le singe, elles sont unies en un fascicule qui passe dans le segment postérieur de cette capsule au milieu des fibres d'innervation des muscles de la langue et du pharynx. Les effets de l'excitation ont toujours été bilatéraux (1). Klemperer a confirmé le fait, découvert par Semon et Horsley, qu'à proximité de l'aire corticale dont la faradisation provoque l'adduction bilatérale des cordes vocales (centre de la *phonation*), il s'en trouve une seconde (centre de la *respiration*), dont l'excitation détermine, chez le chat, l'abduction de ces muscles (2). La paralysie respiratoire se produit par la paralysie des muscles dilatateurs de la glotte (les *cricoarytaenoidei postici*); la voix n'est pas affectée dans cette dyspnée respiratoire. Il existe au contraire des troubles de la voix et de la respiration dans la paralysie mixte des muscles dilatateurs et tenseurs (thyroaryténoïdiens) de la glotte (Ross). Chez plusieurs malades présentant le phénomène des *oscillations périodiques des fonctions cérébrales*, décrit par Stern, la respiration de Cheyne-Stokes a été observée. Stern rapporte ces changements de la respiration à un trouble de la régulation centrale (vraisemblablement corticale) de la *respiration*, attei-

(1) F. Semon and V. Horsley. *On the Relation of the larynx to the motor nervous system*. Deutsche med. Wochenschr., 1890, n° 31. — *An experimental Investigation of the central motor Innervation of the larynx*. Philos. Trans. of the R. Soc. of Lond., vol. 181, 1890, p. 187-211.

(2) F. Klemperer. *Experiment. Untersuchungen über Phonationscentren im Gehirn*. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol., II.

gnant ici un degré moins élevé que dans la respiration de Cheyne-Stokes. Les observations de Stern sont donc favorables à l'existence d'une localisation cérébrale de ce phénomène, hypothèse déjà admise par quelques auteurs (Rosenbach, Unverricht) (1).

Des recherches expérimentales de Semon et d'Horsley (1890) il résultait

---

(1) R. Stern. *Ueber Cheyne-Stokes'sches Athmen und andere periodische Aenderungen der Athmung.* XIV Congr. f. inn. Med. zu Wiesb. Neurol. Centralbl., 1896, 479. Cf. *Ueber periodische Schwankungen der Hirnrindenfunctionen.* Arch. f. Psych., 1895, XXVII, 850-917. Ces « oscillations périodiques des fonctions cérébrales », décrites pour la première fois par Stern, et dont l'étiologie connue était celle de contusions de la tête, consistent en troubles intermittents de la mémoire, du langage et des autres activités psychiques. Sans prétendre exclure absolument toute autre localisation, celle de l'écorce cérébrale, ici nécessaire, est également suffisante pour rendre compte de tous les symptômes : « Aucune raison ne force d'admettre une participation des centres sous-corticaux. » Si cela est évident pour les troubles de la sensibilité et de la motilité qu'a relevés Stern, il en est encore de même pour les accidents suivants qu'il énumère : 1° La participation des *troubles de la respiration* au syndrome s'explique par l'existence de centres fonctionnels de la respiration sur l'écorce cérébrale (Bochefontaine, Munk, Bechterew, Unverricht, Grawitz) (*). L'influence que l'homme peut volontairement exercer sur les mouvements de la respiration, les effets des états affectifs ou intellectuels (attention) sur le cours de cette fonction, sont des faits dont le mécanisme est connu de toute antiquité et qui ont reçu naguère quelque lumière d'observations pathologiques, telles que celles de Grawitz, où des *troubles hémilatéraux de la respiration* ont été notés dans l'hémiplégie cérébrale.

Voici, d'après Max Müller, quelques fragments des *yoga-soûtras*, qui traitent du prânâyâma, c'est-à-dire de l'art de *concentrer fortement sa pensée en retenant sa respiration.* Le yoghi doit avant tout prendre certaines postures qui facilitent le travail de l'esprit : il est impossible de penser fortement en marchant ou en courant. Il lui faudra donc prendre une position stable et commode. Lorsque le yoghi s'est habitué à cette posture, il s'étudie à *régler le jeu de sa respiration* ; il *aspire* l'air par une narine, le garde quelque temps dans sa gorge et fait l'*expiration* par la narine opposée. La *rétention* est l'arrêt des mouvements respiratoires pendant un temps donné.

« Tous les actes des yoghis, dit Râjendralal Mitra, ont pour base le prânâyâma, c'est-à-dire l'*expiration*, l'*inspiration* et la *rétention* de l'haleine effectuées dans un ordre déterminé. Il y a deux procédés différents pour calculer le temps qui doit être consacré à chacune de ces opérations... Le temps consacré à l'inspiration est d'ordinaire le plus court, celui de la rétention de l'haleine le plus long... »

Après avoir pris la position prescrite, on appuie l'annulaire de la main droite sur la narine gauche de façon à la fermer. On fait une expiration par la narine droite, puis on la serre avec le pouce, et on introduit de l'air dans la narine gauche. On ferme alors les deux narines en les pressant [l'une contre l'autre] entre le pouce et l'index, et on retient sa respiration. On continue en changeant à chaque fois l'ordre des opérations.

Dans l'Inde, la prânâyâma est un moyen pour atteindre un but élevé : l'abstraction des organes de leurs fonctions naturelles. Il sert de préliminaire à la contemplation ou *dhyâna*, à la méditation ou *samâdhi*, à un état d'extase qui touche à la catalepsie.

Ces trois stades sont censés conférer des pouvoirs attestés par les yoghis.

On peut rapprocher de ces faits, concernant les *rapports de la respiration avec certaines fonctions cérébrales*, l'anesthésie qui se produit à la suite de quelques inspirations profondes et rapides.

(*) E. Grawitz. *Ueber halbseitige Athmungsstörungen bei cerebralen Lähmungen.* Zeitschr. f. klin. Med., 1894. Grawitz indique le trajet que doivent suivre les faisceaux efférents qui descendent, de conserve avec ceux du faisceau pyramidal, jusqu'à un certain niveau, des centres corticaux de la respiration aux centres bulbaires et spinaux ; il a trouvé lésés, à cet égard, outre le noyau caudé et le noyau lenticulaire, le *centre semi-ovale*, la *capsule interne*, l'insula, etc.

que les muscles du larynx servent à deux fonctions distinctes : 1° à la phonation, fonction volontaire qui s'exécute au moyen de muscles *adducteurs* ; 2° à la respiration, fonction de la vie organique, en rapport avec les muscles *abducteurs* de cet organe. Les mouvements phonateurs du larynx (mouvements d'adduction des cordes vocales) sont principalement représentés dans l'écorce cérébrale, ceux des mouvements respiratoires (mouvements d'abduction des cordes vocales) dérivent particulièrement du bulbe (1), surtout ceux d'inspiration, avec adduction imparfaite dans l'expiration.

A la suite de cet exercice, le patient est pris de vertige et perd assez bien connaissance pour permettre d'effectuer une opération de courte durée (*).

« On est d'accord, en physiologie, dit William Marcet (**), que le volume d'air respiré involontairement n'augmente que quand le corps en ressent la nécessité ; par conséquent, l'*effort de la volonté ou de l'attention demande l'absorption d'un excès d'air*, soit d'oxygène. Je me suis appliqué, par un grand nombre d'analyses, à déterminer expérimentalement s'il est possible de constater l'absorption d'un excès d'oxygène dans ces conditions, et je suis arrivé à démontrer que cette absorption a bien lieu en effet. Le siège de ce phénomène doit être nécessairement le foyer moteur du cerveau en rapport avec l'effort de la volonté et de l'attention intéressé dans l'expérience. On arrive ainsi à la conclusion que *tout effort volontaire de l'attention ou de la volonté demande une absorption d'oxygène dans le foyer moteur du cerveau correspondant à cet effort.* »

(1) Grossmann a institué, sous la direction d'Exner, des recherches expérimentales sur l'innervation centrale des muscles du larynx. Dans un acte normal de respiration, les muscles du thorax et du diaphragme reçoivent leur stimulation de la moelle cervicale, ceux du larynx du noyau du vague situé dans la partie inférieure de la moelle allongée, ceux du nez du noyau du facial siégeant dans la partie supérieure de la moelle allongée. Dans son ensemble, « le centre de la respiration se compose de ces trois parties » : une section séparant les noyaux du facial et du vague laisse persister la respiration à l'exception de la respiration nasale, encore celle-ci peut-elle quelquefois persister. Après une section pratiquée entre les noyaux du thorax et du vague, la respiration nasale et laryngée persiste seule, quoiqu'il y ait trace encore quelquefois de la respiration thoracique. Ces deux coupes exécutées sur le même animal abolissent aussitôt la respiration. Ce n'est donc que par la synergie de ces noyaux que la respiration normale est possible et deux au moins doivent rester reliés entre eux pour que cette fonction continue. L'importance exceptionnelle du vague (sur laquelle a tant insisté Kronecker) s'explique par son siège anatomique *intermédiaire* aux deux autres noyaux : « Au *noyau du thorax*, au *noyau du vague* et au *noyau du facial* arrivent, écrit Grossmann, des excitations chimiques et réflexes dont la sommation détermine l'impulsus moteur de la respiration. Cet impulsus actionne les muscles de ces trois noyaux simultanément, parce que ces noyaux sont en rapport fonctionnel et reliés au moyen de fibres intercentrales *(Respirationsbündel, solitäres Bündel)*. Si l'un des noyaux est isolé des deux autres, les deux noyaux demeurés en connexion sont encore capables de sommer leurs excitations assez régulièrement pour produire les mouvements rythmiques de la respiration. Au contraire, si chacun des trois noyaux cesse d'être relié avec les autres, il n'est plus capable en général de sommer ses excitations et de provoquer les mouvements rythmiques qui en sont l'effet. » Que le rôle prédominant du noyau du vague soit dû uniquement à sa position intermédiaire entre les deux autres, c'est un fait sur lequel insiste Grossmann (***).

(*) Max Müller. *Pensée et Respiration.* Rev. scientif., 1890, I, 667.

(**) *Les différentes formes de la respiration humaine.* Rev. gén. des sciences, 1897, 307. W. Marcet a traité cette question par le détail dans une des quatre conférences qu'il a données sur la respiration au Collège royal des médecins de Londres. (R. College of Physicians) en 1895. Croonian Lectures.

(***) M. Grossmann. *Ueber die Atembewegungen des Kehlkopfes.* I. Th. *Das Respirationscentrum insbesondere des Kehlkopfes* Centralbl. f. die med. Wissensch., 1890, 167 sq.

W. SPENCER et V. HORSLEY ont institué plus tard des expériences sur le chien et sur le singe pour étudier les effets de la pression ou tension intracrânielle sur la circulation et la respiration (1).

Un ballon de caoutchouc introduit dans la cavité du crâne que l'on gonflait à volonté déterminait l'augmentation de pression. D'autres fois, sur de jeunes animaux, le crâne était directement comprimé de l'extérieur. Les modifications des mouvements des organes de la circulation et de la respiration étaient inscrites au moyen de la méthode graphique; les courbes obtenues sont jointes au travail. Les résultats ont varié avec l'intensité de la pression. Selon le degré d'élévation progressive de la pression, les battements du cœur *s'accélèrent* ou se *ralentissent*. A un certain degré d'augmentation de la pression, le cœur finit par s'arrêter en diastole: la pression est-elle abaissée, le cœur recommence, mais seulement après un certain temps, à battre d'une façon normale. La respiration artificielle ne peut prévenir l'arrêt du cœur dû à la compression du cerveau. Cependant, avec la respiration artificielle, pour que le cœur s'arrête, la pression doit être plus forte que lorsque l'animal respire naturellement. Si l'on élève encore davantage la pression intracrânienne on observe, après un ralentissement passager des mouvements du cœur, une accélération secondaire, considérable, de ses battements. Point de doute que le ralentissement du pouls ne soit le symptôme d'une *excitation* du centre d'arrêt du cœur, son accélération l'effet d'une *paralysie* de ce même centre. De même pour le centre vaso-moteur. Pour la *respiration* également, une pression cérébrale peu élevée excite le centre respiratoire, une pression plus forte et plus prolongée le paralyse. Dans le premier cas, les inspirations sont plus profondes: dans le second l'étendue des mouvements aussi bien que la fréquence du rythme de la respiration sont diminuées.

Une loi se dégage donc de ces expériences; les auteurs l'ont formulée ainsi: une élévation légère de la pression intracrânienne détermine des phénomènes d'excitation des centres respectifs du cœur et de la respiration, une augmentation de pression provoque la paralysie de ces centres.

Lorsque W. SPENCER, dans un grand mémoire communiqué par HORSLEY à la Société royale de Londres (2), entreprit d'élucider à nouveau la nature des représentations de la respiration dans les centres nerveux les plus élevés, il se préoccupa surtout d'établir des règles fixes d'une investigation méthodique portant sur l'emploi des anesthésiques les plus appropriés aux diverses espèces d'animaux, sur les doses et le degré de l'effet de ces anesthésiques, sur l'appréciation exacte des accidents consécutifs au traumatisme expérimental (hémorragies, compression céré-

(1) *On the changes produced in the circulation and respiration by increase of the intracranial pressure or tension*. Report of the Department of pathol. of University College. London, 1894.

(2) W. SPENCER. *The effect produced upon Respiration by faradic Excitation of the cerebrum in the monkey, dog, cat and rabbit*. Phil. Trans. of the R. Soc. of London, 1894, 609-657.

brale, etc.) et de l'état de santé des animaux. Un tracé de la respiration et de la circulation avant, durant et après l'application du stimulus électrique fut pris dans chaque expérience ; les conclusions ont été uniquement tirées de l'inspection des courbes. Toutes les expériences ont été répétées pour chaque espèce d'animal. Enfin, il a été tenu compte de l'âge des animaux, facteur si important pour l'innervation de la respiration, signalé pour la première fois par LEGALLOIS.

A. *Ralentissement et arrêt de la respiration par excitation de l'écorce cérébrale.* — L'emploi de l'éther est « nécessaire » (1) pour la narcose, et l'anesthésie doit être poussée assez loin pour que l'excitation de l'écorce ne puisse provoquer ni mouvement volontaire ni mouvement réflexe. Cependant un léger réflexe de la cornée doit toujours être possible. Si l'animal est trop profondément anesthésié, l'écorce n'est plus excitable par les plus forts courants employés d'ordinaire ; l'excitabilité revient d'ailleurs rapidement après quelques aspirations d'air pur, sans vapeur d'éther.

L'aire corticale de ralentissement ou d'arrêt de la respiration est située, en dehors du *tractus olfactorius*, en avant du point où ce tractus se réunit au lobe temporo-sphénoïdal. Chez le chat, l'arrêt se produisant généralement en pleine inspiration, peut être maintenu de six à dix secondes; les électrodes enlevées, la respiration recommençait d'un rythme d'abord ralenti pour redevenir peu à peu normale. Chez le singe (*macacus rhesus*), l'aire de l'arrêt apparaît bien quand la surface orbitaire du lobe frontal est mise à nu (pl. LVIII, phot. 4 de SPENCER) (2) : chez ce mammifère l'arrêt a presque toujours lieu en expiration. Les connexions anatomiques de cette aire corticale, celle du ralentissement et de l'arrêt de la respiration, avec la moelle allongée ont été suivies et établies par SPENCER. Le tractus qui réunit ce territoire du cerveau avec la moelle allongée passe par une région antérieure du cerveau où les différences présentées par les quatre espèces d'animaux expérimentés sont fort peu marquées. Les fibres du faisceau dont l'excitation peut déterminer les mêmes effets que ceux qui résultent de la stimulation de l'aire corticale, où sont leurs cellules d'origine, se réunissent à l'extrémité inférieure du *nucleus lenticularis* et semblent constituer une partie du faisceau connu en anatomie humaine sous le nom de tractus olfactif de la *commissure antérieure* qui réunit les lobes temporo-sphénoïdaux. Les fibres de ce fascicule, venues des

---

(1) La morphine, excepté à très petites doses, *abolit l'excitabilité de l'écorce*, rend irrégulier le rhythme de la respiration.

(2) Sur la photographie, un petit demi-cercle immédiatement en dehors du tractus olfactif en avant de la scissure de SILVIUS indique le centre de l'aire d'arrêt respiratoire.

deux hémisphères, s'entrecroisent et forment la partie antérieure de la commissure antérieure. En arrière de cette commissure, le tractus s'écarte en descendant de la ligne médiane, contourne l'*infundibulum,* au-dessus de la commissure et du tractus optique ; arrivé à l'aqueduc, il va, en arrière, dans le *tegmentum*. Au niveau de l'origine de la troisième paire, les fibres du tractus continuent à descendre en arrière dans le noyau rouge (*nucleus ruber tegmenti*), en dessous et en dehors de l'aqueduc. Les faisceaux sont ici parallèles ; au delà de l'origine de l'oculo-moteur, leurs fibres se perdent dans celles de l'étage supérieur du pédoncule cérébral (*tegmentum*). Mais, expérimentalement, on a la preuve que ces faisceaux continuent leur trajet jusqu'au bord supérieur du *pont de* Varole. « Au delà, dit Schäfer, je ne les ai pas suivis. » Les animaux employés dans ces expériences étaient en effet adultes, et lorsqu'une hémisection des fibres du pont était pratiquée, leur respiration devenait irrégulière ou se ralentissait. « De plus jeunes animaux seraient peut-être plus capables de supporter ces troubles. »

B. *Accélération du rythme de la respiration*. — L'aire corticale de l'accélération de la respiration se trouve située à l'extrémité supérieure du *sulcus* supra-orbitaire, dans l' « aire sensitivo-motrice » du chien et du chat ; le maximum d'effet était obtenu par l'excitation du centre de cette aire ; il diminuait sur les bords. Spencer a suivi les fibres du faisceau de l'accélération, descendant du *cortex cerebri* dans la moelle allongée, à travers la *couronne rayonnante,* jusqu'au *noyau lenticulaire,* où ces fibres se mêlent avec celles de la *capsule interne,* dans sa partie motrice ; le faisceau descend et semble se distribuer à la portion interne du *tegmentum* : il atteint de chaque côté la ligne médiane au niveau de l'origine de la troisième paire ; à ce niveau, le point où l'accélération de la respiration est obtenue se trouve dans la matière grise interpédonculaire, plus près du bord antérieur que du plancher de l'aqueduc. L'entrecroisement des fibres de ce faisceau, issues des deux hémisphères, a lieu au niveau de l'origine de l'oculo-moteur commun.

Spencer a encore déterminé d'autres centres corticaux correspondant à d'autres modes de la respiration, désignés des noms de *over-inspiratory clonus* et *over-inspiratory tonus,* et qui ont trait à l'importante fonction, chez les carnivores macrosmatiques, de fureter en *flairant*. L'aire du *cortex* de ce premier mode de *respiration* est au point d'union du *bulbe* et du *tractus olfactif*. En excitant la portion du *lobe frontal* (*prorean lobe*) située immédiatement au-dessus et en arrière de ce point le même effet peut être obtenu avec un courant plus fort. Mais l'effet typique a été obtenu par l'excitation du premier point avec le plus faible courant. En continuant à appliquer le stimulus électrique le long du tractus olfactif en arrière on

est conduit par l'effet de cette excitation dans le *gyrus uncinatus* et le lobe temporo-sphénoïdal ; de l'*uncus* il se propage au pied du pédoncule cérébral, convergeant de chaque côté vers la ligne médiane au bord supérieur du pont de Varole. Le faisceau moteur descendant du territoire cortical de l'*over-inspiratory tonus* produit ce résultat. Les fibres blanches de tous ces faisceaux dont Spencer a déterminé le trajet par la faradisation de « sections vivantes » à ces différents niveaux de l'encéphale se voient, dans leurs rapports anatomiques, sur des préparations de cerveaux de chats et de singes (Tooth). Il n'y a d'exception que pour le cas d'*over-inspiratory clonus* où la connexion entre l'*uncus* et les fibres protubérantielles a échappé à l'investigation.

Chez le singe, l'*aire d'accélération de la respiration* est beaucoup moins différenciée que chez le chat, le chien ou le lapin. Il n'y a point de différence fondamentale, car on peut obtenir les mêmes réactions chez le singe (par l'excitation de la région du *sulcus frontalis superior*), mais aux dépens du rythme de la respiration, et des convulsions générales peuvent résulter de l'augmentation de l'excitation ou de l'excitabilité de l'écorce chez ce mammifère supérieur. Cette représentation corticale est inférieure à celle des carnivores, — celle de l'accélération de la respiration, — ou bien « la sensibilité relativement plus grande du singe aux anesthésiques permet de déterminer beaucoup plus facilement un ralentissement ou un arrêt de la respiration. Il existe un antagonisme physiologique véritable entre la respiration et la phonation. Tandis que les fonctions d'*adduction* des cordes du larynx d'où résulte la *phonation* ont sur l'écorce cérébrale une représentation d'autant plus élevée que l'on monte dans la série animale et qu'elle est d'autant plus complète que le cerveau de l'individu a atteint un développement plus avancé, l'âge étant ici un facteur important, les fonctions d'*abduction* des cordes du larynx d'où résulte la *respiration* ont une représentation corticale inverse, quant au degré de différenciation et d'activité physiologique, dans la série des mammifères, et l'âge intervient encore ici dans le degré de la fonction. La *phonation adductrice* est, chez le singe, localisée au point de passage du pied de FA à la base de F_3 ; chez les carnivores, au point de passage du gyrus précrucial ou *préfrontal* avec les *gyri anterior compositus* et *coronalis*. Chez le chat seulement on a trouvé une représentation de l'*abduction respiratrice* sur le *cortex cerebri*.

En somme, et c'est par ces paroles que Spencer termine son mémoire sur les effets produits par l'excitation faradique sur la respiration, il est possible, en apportant tous ses soins à régler méthodiquement l'action des anesthésiques, d'obtenir, sur les carnivores et le singe, des effets constants de la stimulation des mêmes points, exactement circonscrits, de l'écorce cérébrale. En outre, ces effets ainsi provoqués peuvent être

suivis, sur leur trajet, depuis le *cortex cerebri* jusqu'à la *medulla oblongata.* Il est bien évident que les modalités si diverses de la respiration qui ont été déterminées dans ces expériences par l'application du courant faradique aux centres nerveux encéphaliques et à leurs fibres, peuvent être et sont en effet réalisées dans les différents états conscients du cerveau sous l'influence de la volonté.

Dans les expériences de Schukowski sur les centres corticaux et sous-corticaux de la respiration, l'excitation de l'écorce cérébrale et des ganglions sous-corticaux fut pratiquée, chez le chien, au moyen du courant faradique, et la respiration thoracique, diaphragmatique et trachéale, fut enregistrée par la méthode graphique (1).

Voici les conclusions de ce travail, qui résument fort bien l'état de la science sur cet important chapitre des fonctions du système nerveux central.

1. Ce n'est qu'en excitant certains points de l'écorce situés dans la région antérieure du cerveau, dans le *lobe frontal* et dans la *région motrice*, qu'on détermine des mouvements de la respiration.

2. L'opinion exprimée par Bochefontaine et par François Franck n'est pas exacte, car ces mouvements ne répondent qu'à l'excitation de certains points circonscrits de la partie antérieure du cerveau.

3. Il existe dans l'écorce cérébrale un *centre d'accélération de la respiration* (Bechterew et Ostankow), localisé dans la partie antéro-externe du *gyrus praecruciatus*, et un *centre de ralentissement* et d'*arrêt* des *mouvements de la respiration* en expiration (non loin du centre de l'*orbicularis oculi*). Un troisième centre, de même nature, semble avoir été trouvé sur la convexité du *lobe frontal* : on peut aussi provoquer, en excitant ce centre, un *arrêt* des mouvements de la respiration.

4. Après l'ablation de ces *trois* centres corticaux, le rythme et le caractère antérieur des mouvements de la respiration demeurent conservés, aussi bien que les réflexes respiratoires dus à des excitations de la peau, des muqueuses et des organes des sens. Ces faits induisent naturellement à croire que *ces centres corticaux ne sont pas des centres réflexes, mais qu'ils sont très vraisemblablement subordonnés à la volonté, et qu'ils prennent part en outre aux états affectifs qui sont accompagnés d'un changement dans le rythme et le caractère de la respiration.*

5. L'ablation des hémisphères cérébraux jusqu'aux ganglions sous-

---

(1) Schukowski. *Ueber den Einfluss der Hirnrinde und der subcorticalen Ganglia auf die Athmung* (1897). Neurol. Centralbl., 1898, 143.

corticaux détermine une modification dans le rythme et le caractère des mouvements de la respiration.

6. La *piqûre* et l'*excitation électrique* des *ganglions sous-corticaux* sont suivies de phénomènes moteurs, provoqués et par l'excitation des faisceaux de fibres conductrices, et par celle de certains centres spéciaux profondément situés. Si l'on excite la substance grise du segment *antérieur* du *thalamus opticus* et de la *cauda corporis caudati*, les mouvements de la respiration s'arrêtent ; la piqûre de la partie *moyenne* du *thalamus* jusqu'à la *paroi du IIIe ventricule* produit la respiration de Cheyne-Stokes, qui cesse dès que l'aiguille est retirée. Enfin, la piqûre de la région *postérieure* du *thalamus* est suivie de mouvements rares et profonds de la respiration ; sous l'influence de la stimulation électrique, la respiration est, dans ce cas, plus fréquente et plus profonde. L'excitation superficielle des parties latérales des *tubercules quadrijumeaux antérieurs* a pour effet une pause en inspiration dans les mouvements de la respiration.

INNERVATION CENTRALE DE LA DÉGLUTITION

La déglutition s'accomplit dans l'état d'inconscience comme après l'ablation du cerveau, du cervelet et du pont de Varole (Landois). Il n'en résulte point naturellement que l'écorce du cerveau n'exerce pas d'influence sur cette fonction ; il suffit pour se convaincre du contraire de songer à la participation de la volonté dans l'acte de la déglutition et à l'influence immédiate que provoquent sur le même processus les représentations de saveur ou de gustation. Dans les expériences instituées par Bechterew et par Ostankow (1) pour déterminer le centre de la déglutition, et en même temps celui de la respiration, l'excitation des différents territoires de l'écorce cérébrale du chien ne provoqua aucune réaction si ce n'est lorsque les auteurs arrivèrent à une région située à proximité du bord antérieur de la IIe scissure (en comptant du dedans) : l'excitation de ce point fut suivie d'une courbe tout à fait nette de l'acte de la déglutition. La situation de ce point s'est trouvée toujours la même sur la face des hémisphères droit ou gauche. L'excitation de cette aire corticale ne déterminait pas seulement la courbe du mouvement de déglutition ; ce mouvement s'accompagnant d'un bruit caractéristique, on l'entendait en même temps qu'on le voyait. Avec l'enlèvement des électrodes de ce même point, l'effet de l'excitation cessait immédiatement. Ainsi, ce centre est localisé dans la portion antérieure de la IIe circonvolution, *en dehors du gyrus sigmoïde*. Si l'on continue par la pensée le *sulcus cruciatus* sur la convexité de l'hémisphère, la ligne passe exactement par le centre de la déglutition. Ce centre se trouve être par conséquent très rapproché des centres découverts par Ferrier pour les mouvements de l'angle de la

---

(1) W. v. Bechterew und P. v. Ostankow. *Ueber den Einfluss der Grosshirnrinde auf den Schluckact und die Athmung* (1893). Neurol. Centralbl., XIII, 1894, 580 sq. La topographie du centre réflexe de la déglutition de la moelle allongée a été exactement décrite par Landois, et surtout par Max Marckwald (Zeitsch. f. Biol., XXV) : *Ueber die Ausbreitung der Erregung und Hemmung vom Schluckcentrum auf das Athemcentrum*. Cf., outre les expériences bien connues de Krause, dont nous avons parlé, Kronecker u. Meltzer. *Ueber den Schluckmechanismus und dessen nervöse Hemmungen*, 1884. *Der Schlukemechanismus, seine Erregung und seine Hemmung*. Arch. f. Anat. u. Phys., 1883.

bouche et pour les mouvements des mâchoires et de la langue, bref, du « centre de la bouche », dont l'excitation provoque l'ouverture de la bouche et des changements de position de la langue. Enfin, les auteurs ont pu se persuader qu'immédiatement à proximité de leur *centre de la déglutition* se trouve le *centre de l'expiration*.

En expérimentant surtout sur le lapin, mais aussi sur des chiens et des chats, Réthi a trouvé que l'excitation de la région corticale située en avant et en dehors du centre cortical des extrémités (gyrus sigmoïde), détermine des mouvements de *mastication* suivis de l'acte de la *déglutition*. Suivant Réthi, la succession de ces mouvements n'est pas l'effet d'une action réflexe exercée, au moyen de l'excitation du pharynx, par le premier sur le second : la succession de ces deux réactions a ses conditions dans l'écorce cérébrale elle-même, où elle se trouve organisée (1).

Il ne s'agissait pas, en effet, de contractions isolées de différents muscles ; c'étaient bien des mouvements typiques de mastication, persistant toujours après l'excitation. Ces mouvements pouvaient être provoqués par la stimulation de chacun des hémisphères ; l'acte de la déglutition y succédait toujours. Puis donc que chacun des points dont l'excitation, sur l'un ou l'autre hémisphère, avait pour effet des mouvements de mastication, déterminait aussi les mouvements de la déglutition, Réthi en conclut que c'était bien là un centre cortical à la fois des *mouvements coordonnés* de la *mastication* et de la *déglutition*.

Bechterew n'avait point perdu de vue non plus, dans ses expériences, la proximité immédiate du centre de la déglutition avec le centre des mouvements des mâchoires et de la langue, avec celui de l'ouverture de la bouche, etc. ; mais, n'ayant point fait d'expériences spéciales sur ce point, il ne pouvait prétendre, dit-il, que « tous ces mouvements se trouvaient déjà associés et coordonnés dans un seul et même centre cortical. Il semble qu'un pareil centre existe bien chez le lapin, puisque, chez ces animaux, l'excitation de la région corticale où il a localisé le centre de la *déglutition* est suivie des mouvements de la *mastication* ». Bechterew avait déjà déterminé ce dernier centre, ainsi que d'autres auteurs avant lui, dans son travail intitulé : *Physiologie der motorischen Hirnrindenregion* (1886).

Réthi a suivi les voies sous-corticales et étudié le « centre des coordi-

(1) L. Réthi. *Der periphere Verlauf der motorischen Rachen-und Gaumennerven. — Das Rindenfeld, die subcorticalen Bahnen und das Coordinationscentrum des Kauens und Schluckens.* Phys. Inst. der K. K. Universit. in Wien. Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien., CII, 1893, 359-77.

nations » de la mastication et de la déglutition. Sur une coupe frontale traversant le cerveau tout entier dans le plan du point de l'écorce dont il a déterminé les fonctions, il a pu explorer, avec les électrodes, cette surface de section où passent les faisceaux des centres correspondants, et provoquer ainsi des mouvements de mastication et de déglutition. Ces voies nerveuses passent par la portion inférieure de la capsule interne et peuvent être suivies jusque dans la région sous-thalamique. La stimulation d'une section horizontale du pédoncule cérébral ne provoqua plus aucun mouvement de cette espèce : on n'obtint qu'une contraction des masséters. Ainsi, « au-dessous du thalamus opticus ou dans le thalamus se trouve un organe central localisé entre les fibres de la couronne rayonnante et celles du *pedunculus cerebri*, dont la fonction est de déterminer, sous une incitation volontaire partie de l'écorce cérébrale, la production de tous les mouvements variés, combinés et coordonnés, dont l'acte de manger est la fin, c'est-à-dire des mouvements des muscles de la *mastication*, des *lèvres* et de la *langue*, et ceux de la *déglutition*, qui en suivent fatalement, mais sans que ces mouvements cessent d'être une réaction d'ensemble », organisée comme un tout dans l'écorce du télencéphale. Après l'ablation de ce centre sous-cortical, l'excitation des voies passant par le pédoncule cérébral n'est plus suivie que d'une simple contraction des *muscles masticateurs*, sans mouvements typiques de la *langue* et des *lèvres*, et sans *acte de déglutition* (1).

Réthi fait observer avec toute raison que l'existence de ce « centre de coordination » sous-cortical est un des exemples les plus éclatants qu'offre la physiologie du système nerveux d'une « préformation » (*Vorbildung*), c'est-à-dire d'*une organisation primaire des mouvements coordonnés et successifs dans un organe central placé sous l'influence de l'écorce cérébrale*. Des mouvements de locomotion sont préformés de la même manière dans les centres de la moelle épinière, comme le montre bien tout lapin ou tout chien décapité. Mais, on n'a jamais réussi à déterminer, en excitant l'écorce, la production de mouvements coordonnés typiques de la course, de la marche ou du vol. Le fait mis en pleine lumière

---

(1) Une observation clinique entre autres est venue à l'appui de la belle démonstration physiologique de Réthi. Chez un épileptique dont les attaques, apparues deux ans après un traumatisme, débutaient, avant de se généraliser (outre de violentes palpitations cardiaques), par des *spasmes de la déglutition*, la tête tournée à gauche, Benedikt fit trépaner le sujet et mettre à nu le territoire de l'écorce correspondant, chez l'homme, à celui qu'avait déterminé Réthi. En excitant l'angle antérieur de la plaie, on provoquait, avec des contractions du sternocleidomastoïdien, des *spasmes de déglutition*, et, en stimulant les parties postérieures, des réactions motrices de même nature du bras droit, et suivant le point excité, du membre inférieur du même côté.

par Réthi est donc des plus importants pour la physiologie générale du système nerveux central.

Le centre sous-cortical des mouvements coordonnés de mastication et de déglutition a donc son siège dans « la région du thalamus opticus », comme s'exprime Réthi, car, après l'ablation de cette région, si les muscles masticateurs se contractent encore, l'acte si complexe des mouvements successifs de coordination de la langue, des lèvres et de la déglutition, mouvements conspirant à une même fin, la fonction de manger, n'a plus lieu. Dans ses expériences, Bechterew avait déjà constaté que lorsqu'après l'ablation préliminaire de la plus grande partie des hémisphères on enfonce les électrodes *dans la masse du thalamus*, on détermine toujours un mouvement de déglutition. Il lui est aussi arrivé en excitant ces parties de la base de provoquer de violents mouvements de vomissement. Enfin, il a provoqué d'une manière réflexe l'*acte de déglutir* soit en excitant le bout central du vague, soit en stimulant la dure-mère par l'électricité, voire au moyen d'une excitation mécanique. Bechterew tient donc que les faits apportés par Réthi en faveur de l'existence d'un *centre de coordination de l'acte de manger* dans les couches optiques doivent être estimés d'une haute valeur. « Il y a déjà bien des années, écrit le savant biologiste russe, que je cherche à prouver que les *couches optiques* contiennent des centres d'innervation des fonctions végétatives les plus diverses de l'organisme, ainsi que des mouvements involontaires servant à l'expression des émotions de la vie affective. Mes recherches ont montré qu'il y a dans les couches optiques, entre autres, des centres d'innervation motrice de l'estomac et de l'intestin. Il en suit naturellement que l'innervation de l'œsophage doit être dans le même rapport avec le thalamus, car il est innervé, comme l'estomac et l'intestin grêle, par le vague. Ces recherches actuelles, et celles qui sont antérieures, nous permettent d'aller plus loin : si l'on considère bien les faits qui en résultent relativement à l'influence du thalamus sur l'innervation de l'estomac et de l'intestin grêle, on reconnaîtra que l'effet obtenu par l'excitation du thalamus présente en réalité un complexus de mouvements nécessaires à l'alimentation de l'organisme, mouvements coordonnés, débutant par ceux de la mastication et de la déglutition pour finir par ceux des mouvements de l'intestin » (1).

De nouvelles expériences sur les centres nerveux de la déglutition ont été instituées en Russie par A.-W Trapesnikow ; elles ont porté sur

(1) W. v. Bechterew. *Zur Frage über den Einfluss der Hirnrinde und der Sehhügel auf die Schluckbewegungen.* Neurol. Centralbl., 1894, 584.

des chiens (1). Méthode graphique. Les courbes enregistrées ont été obtenues du fait des mouvements du pharynx, de la langue, de la mâchoire inférieure, etc., bref, des mouvements accompagnant l'acte de la mastication et de la déglutition, par l'excitation du laryngé supérieur et du glosso-pharyngien, de l'écorce, des couches optiques, des tubercules quadrijumeaux antérieurs et de la moelle allongée. Pour étudier comparativement le mécanisme volontaire et réflexe de l'acte de la déglutition, des expériences ont été faites sur des animaux qui avaient d'abord subi une ablation bilatérale des centres corticaux de la déglutition. Voici les résultats de ce travail, dont la discussion a suggéré à BECHTEREW quelques remarques d'une grande portée :

1. Le *réflexe de la déglutition* se produit par l'excitation : 1° du *nerf laryngé supérieur*, 2° du *glosso-pharyngien*, 3° du *trijumeau*.

2. En excitant le IXe nerf, on n'a pas observé de retard dans les mouvements de la déglutition, en d'autres termes, l'*influence d'arrêt* de ce nerf ne s'est point manifestée sur les mouvements de la déglutition chez le chien (contrairement à ce que d'autres auteurs ont observé chez le lapin).

3. La stimulation directe, par le courant électrique, de l'angle postérieur du plancher du IVe ventricule (*fossa rhomboidea*), provoque des mouvements de déglutition.

4. La pression sanguine s'élève dans l'acte de la déglutition.

5. L'excitation de l'écorce au niveau de la partie antérieure de la IIe circonvolution (le centre de BECHTEREW et d'OSTANKOW), de même que dans l'angle formé par la *fissura olfactoria* et la *fissura praesylvia*, immédiatement au-dessus du *tractus olfactorius*, détermine un mouvement complet de déglutition.

6. Les mouvements de la déglutition sont aussi provoqués par l'excitation du *segment postérieur de la couche optique* et de la *paire antérieure des tubercules quadrijumeaux*.

7. Après l'ablation bilatérale des *centres corticaux de la déglutition*, la *partie réflexe* demeure sans changement.

BECHTEREW, à l'occasion de ce travail, a rapproché certains troubles consécutifs à l'ablation des centres corticaux de la déglutition, chez les animaux, de symptômes cliniques qu'on observe au cours des *paralysies pseudo-bulbaires*, symptômes qui s'expliquent par le siège anatomique des lésions. C'est bien, dans les deux cas, de lésions corticales, nettement

---

(1) A. W. TRAPESNIKOW. *Ueber Schluckcentra.* Wissensch. Versammi. d. Aerzte d. St. Petersb. Klinik f. Nerv. u. Geisterkr. Sitz. v. 2 Jan. 1897. — Neurol. Centralbl., 1897, 525.

localisées, qu'il s'agit. La *perte de l'appétit*, notée, dans les expériences de TRAPESNIKOW, après l'ablation de la région corticale qui libère les mouvements coordonnés de la déglutition, BECHTEREW estime qu'elle peut dépendre de la *destruction du territoire cortical du nerf vague* et de l'*anesthésie de l'estomac* qui en résulte (1).

(1) Rappelons, pour mémoire, que les centres de la *faim* et de la *soif* ont été localisés, dans l'écorce, par STEPHEN PAGET, à l'extrémité antérieure du *lobus temporo-sphenoidalis*, à proximité du *gyrus uncinatus*. *Voracious Hunger and Thirst after injury or disease of the brain*. Brit. med. Journ., 1897, 461. Il nous paraît d'ailleurs évident que les centres de perception et de représentation de la *faim* et de la *soif* doivent posséder dans l'écorce du cerveau olfactif et de la *Gefühlsphäre* des substrata différents suivant la nature et l'origine — sensorielle, cénesthésique ou viscérale — de ces perceptions et de ces représentations.

INNERVATION CENTRALE DE L'ESTOMAC

L'étude expérimentale de l'innervation périphérique et centrale de l'*estomac* a été poussée déjà fort loin par les travaux de Th. Openchowski et de ses élèves, qui remontent à 1883 (1). Voici l'aperçu d'ensemble auquel Openchowski a été conduit par les résultats généraux de ses expériences sur le *cardia,* l'*estomac,* le *pylore* et la *région pylorique* :

I. 1° La motilité automatique du *cardia* est entretenue par des *ganglions nerveux* propres à l'organe, dont la structure élémentaire est analogue à celle des ganglions semblables du cœur (on en compte onze au cardia, sept au pylore ; quelques-uns sont disséminés dans la paroi gastrique). Ces ganglions sont en connexion avec le *vague* et le *système sympathique* ; ils ne doivent pas être confondus avec le plexus d'Auerbach, dont la fonction semble plutôt d'ordre réflexe ; 2° les *centres encéphaliques* des contractions du *cardia* se trouvent dans la région de la paire postérieure des tubercules quadrijumeaux ; 3° les fibres des nerfs vagues se terminent dans le plexus d'Auerbach. De la moelle épinière arrivent des filets nerveux qui sortent de la 5e à la 8e vertèbre dorsale et continuent leur trajet par les deux splanchniques. Ces fibres ne sont que pauvrement représentées dans le *sympathique thoracique*. Dans la moelle épinière elle-même cette voie passe uniquement par les cordons antérieurs ; 4° le centre encéphalique de l'*ouverture* du cardia, représentant l'origine du nerf dilatateur du cardia (*nervus dilatator cardiae*), se trouve au point d'union de l'extrémité antéro-inférieure du *nucleus caudatus* et du *nucleus lentiformis,* à peu de distance de la commissure antérieure, comme l'a découvert chez le chien et le chat Openchowski (1883). Les fibres de ce nerf dilatateur se réunissent à celles des deux nerfs vagues et descendent ainsi jusqu'au niveau du quart inférieur de l'*œsophage* où elles abandonnent le tronc des vagues et se terminent dans le cardia (elles y entrent en rapport avec les centres automatiques) ; 5° chaque hémisphère cérébral possède un

---

(1) Th. Openchowski (Dorpat). *Ueber die nervösen Vorrichtungen des Magens*. Centralblatt für Physiologie, 13 April 1889, 1-10. V. les dissertations de Dorpat (1886-1887) inspirées par les travaux du professeur et présentées par v. Rosen, v. Knaut, Dobbert, Hlasko, Franzen.

e *cortical* du *nervus dilatator cardiae* au voisinage du *sulcus cruciatus* :
verture du cardia a été provoquée, quoique faiblement, par la stimu-
on de cette région ; 6° dans la *moelle épinière* se trouvent aussi des
itres de dilatation du cardia : leurs fibres passent par les cordons anté-
eurs et sortent de la partie supérieure de la moelle jusqu'à la 5e vertèbre
orsale ; elles iraient par les *rami molles* dans le *plexus aorticus* pour arriver
à l'estomac, c'est-à-dire au *cardia*. Des fibres dilatatrices du cardia existent
aussi dans le *splanchnicus minor*, fibres sans doute de nature sensitive,
déterminant l'ouverture du cardia par l'intermédiaire du vague, car, après
la section de ce dernier nerf, l'excitation du *splanchnicus minor* demeure
sans effet à cet égard ; 7° chez les animaux dont toutes les connexions ner-
veuses sont intactes, l'excitation des reins, de l'utérus, de la vessie, de
l'intestin, du sciatique, détermine par action réflexe l'ouverture du *cardia*,
faits qui entre autres expliquent le vomissement réflexe, sur lequel a
particulièrement insisté Openchowski dans ce travail.

II. — 1° Contrairement à ce qui existe pour le cardia et le pylore, les
ganglions autonomes, automatiques, de la paroi de l'*estomac*, qui s'étend
entre le cardia et la région pylorique, ne sont que très rares et constitués
d'un petit nombre de cellules nerveuses. Ces ganglions sont en connexion
anatomique avec le vague et le sympathique. Le mouvement péristaltique
de l'estomac dépend de ces centres automatiques. Leur petit nombre et
leur situation expliquent ce mode de mouvement, comparé aux puissantes
contractions dont le cardia et le pylore sont le siège ; 2° la partie car-
diaque de l'estomac (tiers supérieur) n'a point de contraction péristaltique.
L'onde péristaltique de l'estomac se propage à la *pars pylorica* et n'est
nettement marquée qu'au sphincter de l'*antre du pylore* ; 3° les *centres*
encéphaliques des *contractions* de la paroi stomacale sont situés dans les
tubercules quadrijumeaux ; les voies nerveuses passent par les *vagues* comme
par la *moelle épinière* (voie principale) et se distribuent à la partie infé-
rieure de la moelle dorsale ; 4° les *centres d'arrêt* des mouvements de l'es-
tomac siègent dans la partie supérieure de la *moelle épinière* ; leurs fais-
ceaux passent par le *sympathique* et le *splanchnique*.

III. — Les mouvements automatiques du *pylore* ont pour substratum
anatomique, comme ceux du cardia, des ganglions propres relativement
nombreux ; 2° le centre du *nervus dilatator cardiae*, dont l'excitation ouvre
le cardia, *arrête le mouvement du pylore*. Les nerfs descendent dans la
moelle épinière qu'ils quittent au-dessus de la dixième vertèbre dorsale e
dont le trajet ultérieur doit être cherché dans les splanchniques. Il y
dans les *corps quadrijumeaux*, des *centres d'arrêt* de la *pars pylorica*. L'e
citation des *olives* de la moelle allongée provoque l'ouverture du *pylo*
.. le *centre cortical des hémisphères cérébraux* (région moyenne du *su*

cruciatus) *qui détermine l'ouverture du cardia est, pour le pylore, un centre de contraction*; 4° le *nervus dilatator cardiae* est toujours, dans les excitations périphériques, un constricteur du sphincter du pylore; *il réunit donc les deux fonctions qui président à l'ouverture du cardia et à la contraction du pylore*; 5° il existe dans les *tubercules quadrijumeaux* des centres de contraction aussi bien pour le *pylore* que pour la *région pylorique*. La voie principale passe par les *nerfs vagues*, mais aussi par la moelle épinière, où ces fibres passent en petit nombre par les racines spinales jusqu'à la dixième vertèbre dorsale, en plus grand nombre dans les racines inférieures. Les filets nerveux contenus dans les splanchniques sont, chez les lapins, plutôt excitateurs qu'inhibiteurs, plutôt de nature inhibitrice chez le chien (Oser).

Le travail de Bechterew et de Mislawski sur l'*Innervation de l'estomac* fut conçu et exécuté à la fois pour examiner : 1° le caractère des mouvements normaux de l'estomac; 2° l'influence des centres nerveux de la moelle et de l'encéphale et des nerfs périphériques sur l'activité de l'estomac. Très vifs, on le sait, pendant la digestion, quand l'estomac est rempli d'aliments, les mouvements normaux de l'estomac se ralentissent et s'arrêtent même souvent tout à fait quand il est vide. Durant la période d'activité de l'estomac, ce sont les mouvements *rythmiques*, plus ou moins intenses, assez réguliers, de la *région pylorique* qui se manifestent, tandis que dans le même temps la *région du cardia* demeure souvent tout à fait en repos. Il faut que la suractivité fonctionnelle de l'estomac soit très grande pour que des contractions périodiques de sa *partie œsophagienne* se produisent aussi. En somme les deux régions opposées de l'estomac, la partie du *cardia* et celle du *pylore* ne se contractent pas simultanément et leur activité a lieu dans un ordre inverse ou contraire. Outre ces contractions, des ondes générales de contraction assez fortes se propagent, dans la *paroi de l'estomac*, du cardia au pylore.

Les mouvements *rythmiques* de la région *pylorique* de l'estomac sont dus surtout à l'appareil nerveux périphérique de ce viscère. La preuve, c'est qu'on les observe même dans des cas où l'on a soustrait complètement l'estomac à l'influence du système nerveux central en sectionnant les deux nerfs vagues et la moelle cervicale. Les mouvements rythmiques de la région *pylorique* n'en sont pas moins entretenus et même excités par les *vagues*, car il suffit souvent de sectionner ces deux nerfs pour arrêter ou affaiblir tout au moins très sensiblement les mêmes mouvements.

---

(1) W. Bechterew u. N. Mislawski, *Zur Frage über die Innervation des Magens*. Neurol. Centralbl., 1890, 195-199.

Au-dessus de la moelle allongée, il y a des parties du système nerveux central dont la destruction entraîne un arrêt, plus ou moins long, de la région *pylorique* : une section au niveau des tubercules quadrijumeaux après une contraction générale de l'estomac produit cet effet. Quant à l'influence des *vagues* sur les mouvements de l'estomac, l'excitation de ces nerfs augmente la fréquence et l'intensité des mouvements rythmiques de la région *pylorique,* en même temps qu'elle en provoque une contraction générale ; l'excitation du vague gauche a toujours une action plus forte que celle du droit sur les mouvements de cette partie de l'estomac. Comme l'excitation des vagues ne détermine jamais une contraction *ininterrompue* de la *pars pylorica,* force est d'admettre que ces nerfs n'agissent sur cette partie de l'estomac qu'en excitant l'appareil nerveux périphérique contenu dans l'organe même, les ganglions intrapyloriques (1).

L'effet du vague sur la portion du *cardia* est un peu différente : une forte stimulation électrique et même mécanique de ce nerf détermine toujours en plusieurs temps une *contraction* de cette partie de l'estomac ; si l'excitation électrique est faible, c'est une *dilatation* plus ou moins nette de la même région qui se produit. Mais Bechterew et Mislawski n'ont pu, dans leurs expériences, constater alors l'existence d'une augmentation simultanée des mouvements rythmiques de la région pylorique. Si l'estomac est vide et que sa portion pylorique ne soit pas animée de mouvements rythmiques, l'action des vagues sur l'estomac est d'ordinaire notablement plus faible que pendant la digestion. L'excitation électrique de la moelle allongée provoque, aussi bien que celle des vagues, une augmentation de la fréquence et de la force des mouvements rythmiques de la *pars pylorica*. Au contraire des vagues, les *splanchnici* inhibent ou abolissent complètement les mouvements de la *région pylorique* (Openchowski) en même temps qu'ils provoquent une *contraction de l'estomac* plus ou moins générale, quoique faible. La même influence d'arrêt sur la même région peut résulter d'une excitation des *parties centrales du système nerveux,* de la partie supérieure de la moelle épinière par exemple, de la moelle allongée, des pédoncules cérébraux et du segment antérieur de la couche optique. Le thalamus contient sans aucun doute des centres d'arrêt des mouvements de la région pylorique, car il suffit de stimuler cette région du thalamus pour voir, comme lorsqu'on excite les splanchniques ou la moelle épinière, s'arrêter complètement, pendant un certain temps, les

---

(1) Cf. J. N. Langley. *On inhibitory fibres in the vagus for the end of the œsophagus and the stomach.* Journ. of Phys., 1898, XXIII.

mouvements de la *pars pylorica.* En outre une faible contraction générale de l'estomac se produit, qui ne disparaît que lentement.

L'excitation de la surface des *hémisphères cérébraux* produit également des effets variés sur l'activité de l'estomac. Les électrodes portées sur la partie *postérieure* et *externe,* en partie aussi *antérieure,* du *gyrus sigmoïde,* renforcent les mouvements rythmiques de la *pars pylorica,* en même temps qu'ils déterminent souvent une contraction générale de cette région, suivie de mouvements plus faibles, voire de cessation complète des mouvements rythmiques. De même, si l'on excite différents points de la partie de la IIe circonvolution environnant le gyrus sigmoïde, et même, comme dans un cas, l'écorce des IIIe et IVe circonvolutions entre l'extrémité supérieure de la scissure de SYLVIUS et la partie postéro-externe du gyrus sigmoïde. Au contraire, ces mouvements se ralentissent ou s'arrêtent même tout à fait, en même temps que cette région, la *pars pylorica,* participe à une faible contraction générale de l'estomac, suivie d'un renforcement des mouvements rythmiques de la partie pylorique, si les électrodes sont appliquées sur divers points du segment *antérieur* du *gyrus sigmoïde,* de l'extrémité externe du *sulcus cruciatus,* de la partie *postérieure* du même gyrus, et de la partie adjacente de la IIe circonvolution : les courbes obtenues sont semblables à celles qui résultent de l'excitation du centre d'arrêt de la région antérieure du *thalamus opticus.* Des contractions de la région du cardia, sans participation simultanée de la région pylorique, ont suivi la stimulation de la partie *antéro-externe* du *gyrus sigmoïde.* L'excitation du segment *postérieur* de cette circonvolution détermina une fois, avec des contractions de la région du cardia, le renforcement des mouvements rythmiques de la *pars pylorica.*

L'action réflexe exercée par les excitations périphériques sur les mouvements rythmiques de la région pylorique semble être surtout de *nature inhibitrice* (excitation de la séreuse de l'intestin, du péritoine). Une faible excitation du *péritoine* suffit même pour arrêter les mouvements de l'estomac provoqués par la stimulation des vagues. Il en est de même de diverses excitations *cutanées,* soit douloureuses (courants électriques, piqûres), soit thermiques (éponges imbibées d'eau chaude) : elles agissent en ralentissant ou en arrêtant les mouvements rythmiques de la région pylorique et de la paroi de l'estomac. Enfin, l'excitation du bout *central* d'un vague produit le même effet, qui s'accompagne d'une contraction générale de l'estomac et d'une dilatation très nette de la région du cardia. Les auteurs ont vu les mouvements de l'*intestin grêle* subir, en même temps que ceux de l'estomac, une inhibition du fait de la stimulation du péritoine et de la surface de la peau.

INNERVATION CENTRALE DES INTESTINS

C'est à BECHTEREW et à MISLAWSKI qu'on doit les principales expériences sur l'innervation centrale et périphérique des *intestins* (1). Les expériences étaient disposées ainsi : un ballon de gutta-percha, introduit dans une anse intestinale d'un chien curarisé, était réuni par un tube de verre à un manomètre à eau ; une fois rempli d'eau chaude (à 40° environ), le ballon était replacé dans l'anse intestinale, la plaie abdominale fermée avec des pinces et l'extrémité libre du manomètre relié à l'appareil enregistreur de MAREY et au kymographion.

L'effet exercé sur la musculature intestinale par l'excitation faradique de l'écorce cérébrale (*gyrus sigmoïde* et *IIe circonvolution* adjacente, en arrière et en dehors du gyrus) consiste d'ordinaire dans une modification du *tonus* musculaire des parois intestinales et de l'activité des contractions *péristaltiques* limitée le plus souvent à certaines portions de l'intestin. Sous l'action de ces centres corticaux, l'intestin grêle et le gros intestin se contractent ou se relâchent. Comparé à l'effet produit sur la musculature intestinale par l'excitation des nerfs périphériques, celui que détermine l'excitation de l'écorce est toujours un peu plus faible ; la période latente de l'excitation corticale est aussi beaucoup plus longue que celle des nerfs périphériques. La rapidité avec laquelle se produit l'épuisement de l'écorce est remarquable. En répétant l'excitation d'un point à réactions très nettes, on constate bientôt que la stimulation reste sans effet ou ne produit plus qu'une très faible réaction.

Cet épuisement rapide dépend naturellement aussi de circonstances accessoires, telles que refroidissement de l'écorce, hémorragie plus ou moins abondante, etc. Des contractions du gros intestin ont quelquefois résulté, dans ces expériences, quoique rarement, de l'excitation de la

---

(1) W. BECHTEREW u. N. MISLAWSKI. *Ueber centrale und periphere Darminnervation*. Arch. f. Anat. u. Phys. Phys. Abth. Suppl. Bd., 1889, 243-262. Pour l'écorce, outre BOCHEFONTAINE, l. l., v. J. PAL u. J. BERGRÜN. *Ueber Centren der Dünndarminnervation*. Medic. Jahrb., 1888, Bd. VIII. Pour les couches optiques, S. OTT and G. W. WOODFIELD. The Journ. of nerv. and ment. deseases, 1879. — Cf. W. M. BAYLIK and E. H. STARLING. *Preliminary Note on the innervation of the small intestine*. Proceed. of the phys. Soc., 1898.

région corticale de passage du lobe occipital au lobe temporal (derrière l'extrémité de la scissure de SYLVIUS).

Dans ses expériences sur les fonctions des couches optiques dans la série des vertébrés, BECHTEREW avait noté l'influence de ces ganglions centraux sur les sécrétions de l'intestin et de la vessie (1).

Il aperçut non seulement qu'il existait, chez les oiseaux et les mammifères, des centres fonctionnels d'excitation de l'urine et des fèces, mais que très probablement il s'en trouvait dans les couches optiques. Il constata en outre que si l'ablation des hémisphères est accompagnée de celle des thalami chez les oiseaux, la nourriture demeure dans le gésier et que bientôt se manifestent des troubles graves de la digestion, si bien que les animaux meurent du fait de l'insuffisance de la nutrition. Si les hémisphères sont seuls enlevés et que les thalami restent intacts, ces phénomènes ne se produisent pas : les oiseaux peuvent encore être tenus longtemps en vie, le fait est bien connu, au moyen de l'alimentation artificielle. Dans leurs expériences sur les fonctions des couches optiques, J. OTT et G. W. WOODFIELD introduisaient, par deux petites ouvertures crâniennes, des électrodes dans les couches optiques ; ils virent que ces ganglions contiennent des centres d'arrêt entre autres pour l'intestin. Ainsi, de faibles excitations des thalami suffirent pour inhiber les mouvements péristaltiques de l'intestin grêle. L'excitation des régions de la base du cerveau situées en avant et en arrière des *thalami optici* ne provoquait au contraire aucune action sur les mouvements des intestins.

Avec MISLAWSKI, BECHTEREW procéda ainsi : La capsule crânienne ôtée, il enleva la partie supérieure presque toujours d'un hémisphère jusqu'à ce que le ventricule latéral fût à ciel ouvert et qu'apparussent le *noyau caudé*, le segment supérieur de la *capsule interne* et la région du *thalamus*. Pour éviter l'accès du sang dans le 3e ventricule, la voûte du *fornix* était laissée en place. En dehors de la capsule interne le *noyau lenticulaire* demeurait caché dans la substance des hémisphères.

Une fois l'hémorragie arrêtée, les auteurs excitaient les différentes régions de la base en y enfonçant de fines électrodes parallèles et peu écartées l'une de l'autre. Or, des diverses régions centrales de l'encéphale, l'excitation des *thalami optici* provoque seule, cela résulte des expériences, des réactions de nature variable dans la musculature des intestins ; celles du noyau caudé tout entier, de la plus grande partie de la capsule interne, de la voûte et du noyau lenticulaire demeurent à cet égard absolument sans effet.

---

(1) WIRCHOW's Archiv, 1887, CX, 339.

Ce n'est pas tout ; il fut établi aussi que l'excitation des *différentes régions des couches optiques* exercent une action également différente sur les mouvements de l'intestin. Ainsi, en excitant le segment externe du *thalamus*, correspondant au *noyau externe*, on observe le relâchement des contractions de l'intestin grêle suivi de l'arrêt du mouvement péristaltique, quelquefois même avec ralentissement ou abolition de ses mouvements rythmiques. Au contraire l'excitation de la *région moyenne* du *thalamus* provoqua dans quelques expériences une contraction de l'intestin grêle et un renforcement de ses mouvements rythmiques et péristaltiques. Relativement au gros intestin, l'excitation du segment *antéro-externe* du *thalamus*, à proximité du point dont la stimulation est suivie du relâchement de la musculature de l'intestin grêle, détermine d'ordinaire une contraction très intense des mouvements péristaltiques, qui peut provoquer la défécation. La proximité locale de ces centres fut même cause que, dans quelques expériences, on constata à la fois un état de relâchement des muscles de l'intestin grêle et de contraction de ceux du gros intetin. Ainsi, entre autres centres d'innervation, tels que ceux de la vessie, etc., il existe aussi, dans les *thalani optici*, des centres d'innervation intestinale. De même que dans l'écorce cérébrale, on y distingue, pour l'intestin grêle comme pour le gros intestin, des centres dont la stimulation est suivie de la contraction ou du relâchement de la musculature de ces viscères abdominaux. Outre leur importance comme organes réflexes directs de l'activité intestinale, les couches optiques — les centres thalamiques d'innervation motrice intestinale déterminés par Bechterew et Mislawski, — servent d'intermédiaire à l'action exercée par les centres corticaux de même nature fonctionnelle sur l'état et l'activité du canal intestinal.

Quant aux voies que suit l'influx nerveux parti de l'écorce cérébrale ou des couches optiques pour arriver à l'intestin, ce sont celles des nerfs vagues, de la moelle épinière et des fibres du système nerveux sympathique provenant de la moelle épinière. Le *vague* innerve principalement l'*intestin grêle* et aussi la portion supérieure du *gros intestin*. L'influence de l'excitation du vague sur l'intestin a ceci de particulier qu'elle ne détermine jamais de contraction continue, permanente ; cette excitation est discontinue.

En outre, l'excitation du vague renforce ou suscite même, si l'intestin était complètement en repos, les mouvements *rythmiques* intestinaux. Outre des fibres excitatrices, le nerf vague en contient aussi d'ailleurs d'inhibitrices. Les *nerfs splanchniques*, s'ils exercent d'ordinaire une action d'arrêt sur l'activité intestinale, ne sont pourtant pas, comme l'a trouvé Pflüger, de purs nerfs d'arrêt ; dans certaines conditions ils produisent

un effet contraire ; celui-ci est souvent de nature mixte. Les contractions de la musculature des intestins déterminées par la stimulation de la couche optique cessent par la section des deux nerfs vagues. Cependant il y a des exceptions à la règle ; elles s'expliquent par cette considération que l'influence du thalamus ne se transmet pas seulement par les nerfs vagues, mais aussi par les nerfs splanchniques ou par le sympathique. Quant au gros intestin, il tire surtout son innervation des racines postérieures de la moelle ; les nerfs vagues n'ont qu'une faible action sur sa motilité, ainsi qu'il résulte des expériences de Bechterew et de Mislawski.

En résumé : 1° Le *tonus* musculaire normal de l'intestin, ses contractions *rythmiques* et ses mouvements *péristaltiques,* sont entretenus par des appareils périphériques, des plexus nerveux siégeant dans la paroi intestinale. Les nerfs qui se distribuent au tube intestinal déterminent simplement des modifications du *tonus* et des mouvements *rythmiques* et *péristaltiques* de l'intestin. 2° Les *nerfs vagues* innervent surtout l'*intestin grêle* (1) et en partie la portion supérieure du *gros intestin.* Fonctionnellement, les fibres de ces nerfs sont ici plutôt excitatrices qu'inhibitrices. 3° Les *nerfs splanchniques* contiennent en majorité, mais non exclusivement, des fibres d'arrêt. 4° L'excitation du sympathique thoracique et du sympathique abdominal exerce une action inconstante sur les mouvements de l'intestin. 5° L'excitation faradique du *gyrus sigmoïde* et de la *II° circonvolution,* en arrière et en dehors de ce gyrus, est suivie tantôt de contraction, tantôt de relâchement de la musculature de l'intestin grêle et du gros intestin. 6° Des centres de même nature existent dans les *couches optiques* (2). L'influence des centres encéphaliques sur l'intestin a lieu par l'intermédiaire des nerfs *vagues,* par la *moelle épinière* et par les filets nerveux

---

(1) J.-S. Bunch. *On the origine, course and cell-connections of the viscero-motor nerves of the small intestine.* Journal of phys., XXII, 357.

Le vague ne possède pas une influence constante sur le cours des mouvements de l'*intestin grêle.* L'excitation du vague au niveau du cou et du thorax n'a produit qu'une seule fois, dans vingt-cinq expériences, une modification des mouvements normaux de l'instestin grêle. Au contraire, l'excitation du bout périphérique du *n. splanchnicus* modifie constamment ces mouvements : contraction tonique chez le chien, dilatation tonique dans d'autres cas, surtout chez le chat, du tube intestinal. Bunch admet donc dans le *n. splanchnicus* l'existence de deux groupes de fibres antagonistes, les unes déterminant la dilatation, les autres le resserrement de ce canal, et dont la quantité varierait avec les différentes espèces de mammifères.

(2) W. Sinkler a communiqué l'observation d'un cas où existait une vaste hémorragie *intestinale,* sans qu'on pût découvrir d'autre lésion qu'un ancien foyer apoplectique du *thalamus opticus droit.* Il rappelle que Schiff, Lussana, Ebstein ont déjà noté que, chez les animaux, après un lésion du *thalamus,* on constate souvent des ecchymoses et même d'abondantes hémorragies de l'estomac et de l'intestin. *A case of lesion of the thalamus. Death from intestinal haemorrhag* Journ. of nerv. and ment. disease, 1894.

se rendant de la moelle au *système nerveux sympathique*. 7° Les fibres du sympathique innervant l'*intestin grêle* abandonnent, chez le chien, la moelle épinière, du niveau de la 6° à celui de la 12° racine dorsale et de la 1re racine lombaire ; celles qui innervent le *gros intestin,* au niveau des autres racines lombaires et particulièrement des 1re, 2e et 3e racines sacrées.

Dans des expériences récentes sur les centres corticaux du gros intestin, expériences pratiquées sur des chiens curarisés, dont les contractions intestinales provoquées par l'excitation de l'écorce étaient enregistrées sur l'appareil kimographique, Ossipow a trouvé surtout efficace à cet égard l'excitation d'un point situé sur le bord interne du gyrus sigmoïde, immédiatement en avant du *gyrus cruciatus* (1). Chez un chien la contraction du gros intestin avait lieu en réponse à la stimulation d'un point de la circonvolution sigmoïde situé également en avant de l'extrémité du *sulcus cruciatus* sur la convexité. L'étendue de ces points était des plus minimes : le moindre déplacement des électrodes faisait disparaître les contractions. Enfin celles-ci pourraient être obtenues par l'excitation de points dont la position ne paraît pas être constante. La question des centres corticaux du gros intestin demeure donc ouverte.

---

(1) W. P. Ossipow. *Zur Frage über die corticalen Centra des Dickdarms.* Obozrenje Psichiatrii, 1898. Référat d'E. Giese (Saint-Pétersbourg), dans Neurol. Centralbl., 1898, 700.



INNERVATION CENTRALE DES GLANDES

Glandes salivaires. — Bochefontaine et Lépine (1875) avaient démontré que la faradisation de l'écorce cérébrale, et en particulier du gyrus sigmoïde, fait sécréter les glandes sous-maxillaires comme les glandes parotides et sans doute les glandes sub-linguales, bref, toutes les *glandes salivaires* (1), quand elles sont en connexion normale avec le système nerveux. L'effet de cette faradisation du cerveau sur les glandes sous-maxillaires et sur les glandes parotides est à la fois direct et croisé, mais l'action directe avait, dans quelques expériences, été trouvée plus faible. L'hypersécrétion de la salive sous-maxillaire a encore été provoquée par la stimulation électrique de la « circonvolution située en avant de la partie antérieure du gyrus et qui se confond quelquefois avec lui », ainsi que par celle de « la portion supra-orbitaire qui aboutit aux lobes olfactifs » ; il en fut de même, dans deux cas, de l'excitation des Ire et IIe circonvolutions externes. Pour ces savants, le territoire cortical en rapports fonctionnels avec la sécrétion salivaire s'étendait des régions antérieures des hémisphères jusqu'au centre du facial de Hitzig inclusivement (fig. 12). Külz et Braun avaient aussi observé qu'une excitation de longue durée portée sur cette région provoque une forte contraction des muscles de la face accompagnée d'une forte sécrétion de salive.

Des premières expériences instituées par W. Bechterew et N. Mislawski, sur des chiens curarisés, touchant l'*influence de l'écorce cérébrale sur la sécrétion salivaire* (2), il résulte que la *partie de la IVe circonvolution primitive* (circonvolution sylvienne) située *au-dessus et en avant de la scissure de* Sylvius est le point dont l'excitation a le plus d'efficace sur la sécrétion de la glande sous-maxillaire (fig. 10, p. 954). Ainsi l'application de courants relativement faibles sur ce point provoque une sécrétion salivaire ; portés sur d'autres régions de l'écorce, les mêmes courants restent sans effet. A cet égard on

---

(1) Bochefontaine. *Étude expérimentale de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise du cerveau sur quelques fonctions de la vie organique*, l. l., 161-163.

(2) *Ueber den Einfluss der Hirnrinde auf die Speichelsecretion*. Neurol. Centralbl., 1888, 553-6

obtient une réaction moins nette, et seulement en augmentant l'intensité du stimulus électrique, en excitant toute la portion du gyrus sigmoïde située au-devant du *sulcus cruciatus,* ainsi que la partie externe de la région postérieure de ce gyrus, les parties antérieures de la IIe et de la IIIe circonvolution, et aussi un territoire très circonscrit de la IVe circonvolution au-dessous de la scissure de SYLVIUS. L'excitation de la glande parotide n'a été obtenue qu'en stimulant le premier des territoires corticaux ici énumérés (IVe circonvolution ou sylvienne). Les lobes « frontal », « pariétal », « occipital » et la plus grande partie des régions « temporales » demeurent sans effet sur la sécrétion salivaire. Il en est de même par conséquent du centre du facial de HITZIG. Cette sécrétion a été dans ces expériences des auteurs russes beaucoup plus abondante du côté correspondant à l'excitation que du côté opposé, quoique le contraire s'observe quelquefois.

Dans la réponse que BECHTEREW et MISLAWSKI ont publiée à l'adresse d'ECKHARD, qui avait cru pouvoir interpréter la sécrétion salivaire, obtenue dans ces expériences, par l'hypothèse d'un enchaînement de processus nerveaux résultant de l'excitation de la zone motrice corticale, et aboutissant à la production d'un tétanus qui provoquait ce flux de salive (1), les auteurs russes ont fait valoir cet argument topique que les centres d'hypersécrétion des glandes sous-maxillaires et parotides, et en particulier le centre principal de la IVe circonvolution, n'appartiennent pas à la zone motrice, car la stimulation de cette circonvolution, même avec des courants beaucoup plus intenses que ceux employés dans ces premières expériences, n'a jamais déterminé aucun mouvement de l'animal.

Chez l'homme, l'hypersécrétion salivaire, la salivation abondante, le crachement incessant (sialorrhée, ptyalisme) sont des symptômes connus de certaines affections mentales et nerveuses, comme on parle encore. ESQUIROL, FODÉRÉ, etc., avaient déjà décrit ces phénomènes chez les aliénés. Les expériences de BACCHI, BOCHEFONTAINE et LÉPINE sur l'existence de centres de sécrétion salivaire dans le cerveau, ou du moins de centres influençant cette sécrétion, ont de bonne heure convaincu TAMBURINI que la sialorrhée de certains aliénés résultait de l' « irritation de l'écorce cérébrale des lobes frontaux » : « Le fait, dit-il, que l'irritation de certains points de l'écorce cérébrale produit (chez les animaux en expérience) une augmentation de la sécrétion salivaire, explique pleinement le ptyalisme dans certains cas d'aliénation mentale ; le travail morbide qui

---

(1) C. ECKHARD. *Die Speichelsecretion bei Reizung der Grosshirnrinde*. Neurol. Centralbl., 1889, 65-67.

envahit les cellules corticales, organes de la pensée, doit léser celles dont l'irritation influe sur la sécrétion salivaire (1). »

Andrea Cristiani a recherché par quelles voies nerveuses l'incitation partie des centres corticaux de la sécrétion des glandes salivaires se transmet à ces organes périphériques (2). La nature différente des propriétés physico-chimiques et physiologiques de la salive, variable avec les diverses glandes salivaires, sous-maxillaires, parotides, sous-linguales, et avec les différents nerfs qui les innervent, a fourni à Cristiani un critérium pour la connaissance de la principale voie de transmission des excitations corticales. Ses recherches à cet égard lui ont appris que la salive, nécessairement d'origine mixte, des aliénés sialorrhéiques présente les caractères, non de la « salive cérébrale », comme on a appelé celle qu'on obtient en excitant la corde du tympan et certaines branches du trijumeau, mais de la salive qu'on recueille en stimulant le sympathique. Ainsi, les maladies mentales, en excitant par la voie du sympathique, au moins d'une manière prépondérante, l'activité fonctionnelle, « non de quelques-unes, mais de toutes les glandes salivaires, indistinctement », réalisent certaines conditions d'excitation (ou de surexcitabilité) de l'écorce qui, dans les expériences, déterminent l'hypersécrétion salivaire. Cristiani a rappelé l'énergie amylolytique de la salive des aliénés sialorrhéiques qui mangent avec voracité et digèrent d'énormes quantités de pain, de légumes et d'herbes.

Dans les épilepsies, Alex. von Koranyi (3) et Ch. Féré (4) ont, entre autres auteurs, noté le flux considérable de salive que peuvent sécréter ces malades soit au commencement des attaques, soit sous forme d'équivalents de ces accès. Le sujet de l'observation du premier de ces médecins était affecté d'épilepsie partielle ou « corticale ». Cette hypersécrétion salivaire paroxystique persuade l'auteur qu'il doit très vraisemblablement exister, chez l'homme, un territoire circonscrit de l'écorce cérébrale en rapport avec cette fonction ; Koranyi ajoute une considération qui ne manque pas de portée si l'on songe à l'interprétation physiologique, de David Ferrier, des mouvements de la tête, des yeux, de l'oreille, etc. (ici des sécrétions) provoqués, d'une façon purement réflexe, par les sensations des organes des sens correspondants. Ici l'activité des glandes sali-

(1) Aug. Tamburini. *Sulla genesi del ptialismo in alcune forme di alienazione mentale.* Riv. speriment. di fren., 1875, 426-9.

(2) *La scialorrea negli alienati.* Ibid., 1894, XX, 117-141.

(3) Alex. v. Koranyi. *Ein sonderbarer Fall von Rindenepilepsie. Beiträge zur Frage der Alexie.* Neurol. Centralbl., 1893, 788-9.

(4) Ch. Féré. *Note sur un cas de sialorrhée épileptique.* C. R. de la Soc. de biol., 1894.

vaires n'était point provoquée d'une manière réflexe, par des sensations ou des hallucinations du sens du goût.

Chez le malade de FÉRÉ, épileptique de 27 ans, héréditairement taré, les attaques classiques avaient disparu après un long usage de hautes doses de bromure, mais des équivalents s'y étaient substitués, que le médecin de Bicêtre décrit ainsi : le malade devient pâle, forte convergence des yeux, la tête se porte en arrière, raideur avec absence complète, la bouche est largement ouverte, la lèvre inférieure tremble, et, de la bouche, *s'écoulent de grandes quantités de salive* (82 grammes dans une attaque, dans une autre 124 grammes). En outre, par accès subit, et sans perte de connaissance, ni vertige, *flux considérable de salive*.

Enfin, aux cas d'hyperexcitation fonctionnelle des glandes salivaires par lésions irritatives des centres de l'écorce cérébrale dont l'action modératrice est certainement liée aux représentations de la sensibilité et de l'intelligence, il convient d'opposer les cas d'inhibition ou d'arrêt des mêmes sécrétions. Aux quelques observations de *xérostomie*, faites surtout en Angleterre et en Amérique, HADDEN (1) en a ajouté une nouvelle dont voici les principaux traits : langue rouge et dépouillée de son épithélium, absolument sèche, ainsi que la muqueuse des joues. En général, les malades n'étaient pas affectés de troubles nerveux graves et paraissaient sains. Mais la déglutition, aussi bien que l'articulation verbale, étaient empêchées par la sécheresse de la bouche. On constatait l'absence de salive, quoique les glandes salivaires parussent normales. Tous les malades étaient des femmes. Dans deux cas, la xérostomie avait été attribuée à une forte peur. Dans plusieurs observations de xérostomie, on signale aussi une abolition des sécrétions nasales, pharyngiennes et lacrymales ; la peau a été souvent trouvée très sèche (2). HADDEN, qui ne semble pas connaître les travaux des physiologistes, admet toutefois l'existence d'un centre des glandes salivaires dont la lésion détermine ces inhibitions fonctionnelles.

---

(1) HADDEN. *Xerostomia (Dry Mouth)*. Brain, 1889, janv.

(2) A propos d'un cas d'*hyperhydrose unilatérale*, qu'il a eu l'occasion d'observer, H. TEUSCHER s'est rangé récemment à l'interprétation qu'a donnée ADAMKIEWICZ (*) du mécanisme central de la sécrétion de la *sueur*. Il y a des centres sudoraux dans le cerveau et dans la moelle épinière. Les glandes sudorales sont, en outre, innervées par les fibres du sympathique. (CL. BERNARD). HADDEN considère l'hyperhydrose comme un symptôme fréquent des névroses dégénératives : c'est un stigmate de dégénérescence (Neurol. Centralbl., 1897, 1028 sq.)

(*) ADAMKIEWICZ. *Die Functionsstörungen des Grosshirnes*. Hannover, 1898, p. 153. V. *Die Secretion des Schweisses, eine bilateral-symmetrical Nervenfunction*. Berlin, 1878. — *Real-Encykl.* (EULENBURG), IIte Aufl. XVIII, 113.

Glandes lacrymales. — L'innervation centrale des *glandes lacrymales* a été l'objet de quelques travaux en général bien conduits et marqués au coin des bonnes méthodes de la physiologie expérimentale. Czermak (1860) avait montré que l'excitation du tronc du trijumeau provoque une sécrétion de larmes sur l'œil correspondant dans une tête de lapin séparée du tronc. Herzenstein (1868) fit voir, en expérimentant sur le chien, que l'excitation du *n. lacrymalis*, du *subcutaneus malae* et d'autres branches sensibles (1re et 2e) du *trijumeau* provoquent un abondant flux de larmes, ainsi qu'il arrive lorsqu'une vive lumière frappe la rétine. La section du sympathique cervical resta sans influence sur cette sécrétion et les effets consécutifs à l'excitation du même nerf ont paru trop variables pour que Herzenstein ait cru pouvoir se prononcer à cet égard. La section du *n. lacrymalis* n'abolit ni ne diminue la sécrétion des larmes quand elle existe déjà, phénomène important, que cet auteur interprète comme étant de nature paralytique. Demtschenko (1872) contrôla et développa ces expériences : il reconnut l'influence du nerf lacrymal sur la sécrétion des larmes, mais n'admit pas celle du *n. subcutaneus*; il attribue le flux de larmes persistant après la section du *n. lacrymalis* à la lésion inévitable, dans l'opération, des nerfs moteurs des paupières. L'excitation des *nn. frontalis, infraorbitalis, lingualis, glossopharyngeus* et des *vagues* provoque peut-être une sécrétion réflexe des glandes lacrymales. Chez l'homme, l'irritation de la muqueuse nasale entraîne, d'abord du côté correspondant, puis de l'autre côté, une sécrétion de larmes. Des nerfs spinaux, le *n. auricularis magnus* a seul répondu à l'excitation quant à ce processus, et d'une façon moins intense que les nerfs crâniens. Il est d'ailleurs d'observation que la sécrétion lacrymale réflexe qui se produit, chez l'homme, dans les opérations de la tête et de la face, manque dans celles du tronc et des extrémités, et cela même sans ansthésie chirurgicale. Les réflexes ne se manifestent que si le *n. lacrymalis* est intact ; ils n'ont plus lieu si ce nerf a été coupé. La section du sympathique est sans influence sur la sécrétion réflexe des larmes. Wolfers (1871) avait constaté que l'excitation du *n. lacrymalis*, du *n. subcutaneus malae* et celle du *sympathique* provoquent la sécrétion lacrymale. Après la section du nerf lacrymal l'action du sympathique entre en jeu. Les nerfs *lacrymalis* et *subcutaneus malae* doivent être, selon lui, intacts, pour que les réflexes se produisent (1).

---

(1) Cf. Ant. Laffay. *Recherches sur les glandes lacrymales et leur innervation. Th.* de Bordeaux, 1896, nº 43. La sécrétion lacrymale est régie par trois centres associés entre eux : 1º un *centre réflexe* bulbaire ; 2º un *centre de coordination réflexe* thalamique ; 3º un *centre psychique* télencéphalique.

Jusqu'au travail de W. Bechterew et de N. Mislawski (1), à qui nous devons cet historique, on ne savait rien des localisations fonctionnelles des centres encéphaliques des glandes lacrymales, encore que la sécrétion des larmes soit étroitement associée à l'activité psychique (dans le pleurer et le rire) et qu'elle passe pour un signe caractéristique de différentes émotions. Les auteurs russes expliquent qu'ils se sont servis pour leurs expériences de chiens curarisés parce que les convulsions qui sont la suite inévitable de l'excitation de l'écorce cérébrale et des ganglions sous-corticaux peuvent être ainsi évitées. Le premier fait qu'ils établirent fut l'influence avérée du *sympathique cervical* sur les glandes lacrymales. L'excitation du bout périphérique du sympathique provoque, avec la dilatation des pupilles, la saillie de la capsule oculaire et le retrait de la troisième paupière, une abondante sécrétion lacrymale sur l'œil correspondant. Il en est de même de l'excitation du *trijumeau*. L'excitation du bout central du *sciatique* fut suivie, dans ces expériences, d'une sécrétion de larmes très nette sur l'œil correspondant, liée à une protrusion remarquable des yeux, à une dilatation des pupilles, etc. Cette sécrétion avait lieu dans les deux yeux, mais elle était plus précoce et plus abondante dans l'œil opposé que dans l'œil correspondant. Contrairement à ce que rapportent Demtschenko et Wolfers, l'intégrité du *trijumeau* (*n. lacrymalis* et *n. subcutaneus malae*) n'est pas une condition absolue de la persistance du réflexe de la sécrétion lacrymale.

Dans le télencéphale, la région dont l'excitation détermine la sécrétion des larmes se trouve surtout localisée aux *parties internes* (dans la scissure interhémisphérique) *des circonvolutions antérieure et postérieure du gyrus sigmoïde*. Les parties de la convexité de ce gyrus ont à cet égard une action plus faible. Aucune sécrétion nette de larmes n'a répondu à l'excitation des autres territoires de l'écorce cérébrale. La stimulation de ces centres est très rapidement suivie d'un flux de larmes abondant des deux yeux, quoique presque toujours plus fort du côté opposé à l'excitation. Cette sécrétion cesse immédiatement avec celle de l'écorce cérébrale, et, si l'on dessèche l'œil avec du papier brouillard, il recouvre son degré d'humidité normal. La sécrétion lacrymale provoquée par la stimulation de l'écorce s'accompagne d'une dilatation marquée des deux pupilles, de la saillie des deux globes oculaires et du retrait des troisièmes paupières, phénomènes plus précoces et plus nets sur l'œil opposé que sur l'œil du côté correspondant.

---

(1) *Ueber die Innervation und die Hirncentren der Thränenabsonderung*. Neurol. Centralbl., 1891, 481-6.

L'excitation d'une *couche optique*, en un point très circonscrit, au bas de sa partie interne, au niveau de la partie antérieure de la commissure grise, est suivie d'une sécrétion de larmes dans les deux yeux, quoiqu'ici encore elle soit plus abondante du côté opposé au thalamus excité. Cette excitation du centre thalamique des glandes lacrymales est accompagnée, comme celle de l'écorce cérébrale, d'une dilatation des pupilles, d'une protrusion des globes oculaires, etc.

Il résulte de ces expériences, que l'excitation électrique des régions indiquées du télencéphale et des couches optiques atteint les prolongements centraux du sympathique cervical.

Pour voir dans quelle mesure ces voies centrales du sympathique prennent part à la sécrétion lacrymale tandis qu'on faradise l'écorce et le thalamus, BECHTEREW sectionna le sympathique cervical d'abord d'un côté. Après quoi, sous l'influence d'une stimulation des centres encéphaliques, les larmes s'écoulèrent des deux yeux, mais, ainsi qu'il était à prévoir, les phénomènes ordinaires d'accompagnement, dilatation des pupilles, protrusion des globes oculaires, etc., ne se produisirent pas du côté où le sympathique avait été coupé. Dans d'autres expériences les expérimentateurs russes sectionnèrent le *trijumeau* en avant du ganglion de GASSER, les deux nerfs sympathiques restant conservés : l'excitation de l'écorce cérébrale de l'hémisphère opposé provoqua également dans ces cas une sécrétion de larmes dans les deux yeux, beaucoup plus faible seulement du côté où le trijumeau avait été coupé. La stimulation des couches optiques fut suivie des mêmes réactions fonctionnelles. Il apparaît donc manifestement que l'action exercée par l'écorce cérébrale et par le thalamus opticus sur la sécrétion lacrymale est aussi bien transmise par l'intermédiaire du trijumeau qu'elle l'est, au moins en partie, par l'intermédiaire du sympathique cervical. Une section pratiquée en arrière des couches optiques peut supprimer entièrement la production des réflexes provoqués par l'excitation d'un nerf périphérique (par le sciatique) sur les glandes lacrymales ; il en est de même des phénomènes qui accompagnent la sécrétion de ces organes, tels que dilatation des pupilles, protrusion des globes oculaires, etc. La conclusion à laquelle BECHTEREW et MISLAWSKI sont parvenus, c'est que « *le principal centre réflexe de la sécrétion lacrymale* est localisé dans les *couches optiques*, que les voies centrales du sympathique cervical s'y trouvent aussi, et que de là leurs prolongements montent jusqu'à l'écorce des hémisphères du cerveau antérieur. »

Foie, pancréas, rate. — BOCHEFONTAINE, dans ses expériences sur l'influence exercée par la faradisation de l'écorce cérébrale sur les fonctions

Jusqu'au travail de W. Bechterew et de N. Mislawski (1), à qui nous devons cet historique, on ne savait rien des localisations fonctionnelles des centres encéphaliques des glandes lacrymales, encore que la sécrétion des larmes soit étroitement associée à l'activité psychique (dans le pleurer et le rire) et qu'elle passe pour un signe caractéristique de différentes émotions. Les auteurs russes expliquent qu'ils se sont servis pour leurs expériences de chiens curarisés parce que les convulsions qui sont la suite inévitable de l'excitation de l'écorce cérébrale et des ganglions sous-corticaux peuvent être ainsi évitées. Le premier fait qu'ils établirent fut l'influence avérée du *sympathique cervical* sur les glandes lacrymales. L'excitation du bout périphérique du sympathique provoque, avec la dilatation des pupilles, la saillie de la capsule oculaire et le retrait de la troisième paupière, une abondante sécrétion lacrymale sur l'œil correspondant. Il en est de même de l'excitation du *trijumeau*. L'excitation du bout central du *sciatique* fut suivie, dans ces expériences, d'une sécrétion de larmes très nette sur l'œil correspondant, liée à une protrusion remarquable des yeux, à une dilatation des pupilles, etc. Cette sécrétion avait lieu dans les deux yeux, mais elle était plus précoce et plus abondante dans l'œil opposé que dans l'œil correspondant. Contrairement à ce que rapportent Demtschenko et Wolfers, l'intégrité du *trijumeau* (*n. lacrymalis* et *n. subcutaneus malae*) n'est pas une condition absolue de la persistance du réflexe de la sécrétion lacrymale.

Dans le télencéphale, la région dont l'excitation détermine la sécrétion des larmes se trouve surtout localisée aux *parties internes* (dans la scissure interhémisphérique) *des circonvolutions antérieure et postérieure du gyrus sigmoïde*. Les parties de la convexité de ce gyrus ont à cet égard une action plus faible. Aucune sécrétion nette de larmes n'a répondu à l'excitation des autres territoires de l'écorce cérébrale. La stimulation de ces centres est très rapidement suivie d'un flux de larmes abondant des deux yeux, quoique presque toujours plus fort du côté opposé à l'excitation. Cette sécrétion cesse immédiatement avec celle de l'écorce cérébrale, et, si l'on dessèche l'œil avec du papier brouillard, il recouvre son degré d'humidité normal. La sécrétion lacrymale provoquée par la stimulation de l'écorce s'accompagne d'une dilatation marquée des deux pupilles, de la saillie des deux globes oculaires et du retrait des troisièmes paupières, phénomènes plus précoces et plus nets sur l'œil opposé que sur l'œil du côté correspondant.

---

(1) *Ueber die Innervation und die Hirncentren der Thränenabsonderung.* Neurol. Centralbl., 1891, 481-6.

L'excitation d'une *couche optique*, en un point très circonscrit, au bas de sa partie interne, au niveau de la partie antérieure de la commissure grise, est suivie d'une sécrétion de larmes dans les deux yeux, quoiqu'ici encore elle soit plus abondante du côté opposé au thalamus excité. Cette excitation du centre thalamique des glandes lacrymales est accompagnée, comme celle de l'écorce cérébrale, d'une dilatation des pupilles, d'une protrusion des globes oculaires, etc.

Il résulte de ces expériences, que l'excitation électrique des régions indiquées du télencéphale et des couches optiques atteint les prolongements centraux du sympathique cervical.

Pour voir dans quelle mesure ces voies centrales du sympathique prennent part à la sécrétion lacrymale tandis qu'on faradise l'écorce et le thalamus, Bechterew sectionna le sympathique cervical d'abord d'un côté. Après quoi, sous l'influence d'une stimulation des centres encéphaliques, les larmes s'écoulèrent des deux yeux, mais, ainsi qu'il était à prévoir, les phénomènes ordinaires d'accompagnement, dilatation des pupilles, protrusion des globes oculaires, etc., ne se produisirent pas du côté où le sympathique avait été coupé. Dans d'autres expériences les expérimentateurs russes sectionnèrent le *trijumeau* en avant du ganglion de Gasser, les deux nerfs sympathiques restant conservés : l'excitation de l'écorce cérébrale de l'hémisphère opposé provoqua également dans ces cas une sécrétion de larmes dans les deux yeux, beaucoup plus faible seulement du côté où le trijumeau avait été coupé. La stimulation des couches optiques fut suivie des mêmes réactions fonctionnelles. Il apparaît donc manifestement que l'action exercée par l'écorce cérébrale et par le thalamus opticus sur la sécrétion lacrymale est aussi bien transmise par l'intermédiaire du trijumeau qu'elle l'est, au moins en partie, par l'intermédiaire du sympathique cervical. Une section pratiquée en arrière des couches optiques peut supprimer entièrement la production des réflexes provoqués par l'excitation d'un nerf périphérique (par le sciatique) sur les glandes lacrymales ; il en est de même des phénomènes qui accompagnent la sécrétion de ces organes, tels que dilatation des pupilles, protrusion des globes oculaires, etc. La conclusion à laquelle Bechterew et Mislawski sont parvenus, c'est que « *le principal centre réflexe de la sécrétion lacrymale* est localisé dans les *couches optiques*, que les voies centrales du sympathique cervical s'y trouvent aussi, et que de là leurs prolongements montent jusqu'à l'écorce des hémisphères du cerveau antérieur. »

Foie, pancréas, rate. — Rochefontaine, dans ses expériences sur l'influence exercée par la faradisation de l'écorce cérébrale sur les fonctions

de la vie organique, a vu les contractions de l'*intestin grêle* et du *gros intestin,* consécutives à l'excitation, varier d'intensité dans les différentes parties du canal digestif; rarement elles se sont étendues à toutes les anses intestinales. « Le canal intestinal, dit-il, s'est resserré plus fortement tantôt dans sa partie *duodénale,* tantôt vers l'*iléon*. Plusieurs fois les contractions péristaltiques et antipéristaltiques du gros intestin ont été très fortes; elles ont pu déplacer les matières fécales dans l'intestin, dans un sens ou dans l'autre alternativement, sans jamais arriver à en produire l'expulsion aux dehors. »

Bochefontaine a observé des contractions intenses, extrêmement nettes, de la *rate* en excitant quatre points de la partie antérieure du cerveau, correspondant aux points 1, 3, 4 et 11 de David Ferrier : « Ainsi, une rate de chien dont la grosse extrémité (antéro-postérieure) avait 8 centimètres de long, avant la faradisation du cerveau, n'en avait plus que 5 après cette excitation. Une autre rate d'un animal de même espèce avait, transversalement, 14 centimètres de longueur avant l'électrisation du cerveau; elle n'en avait plus que 9 après. En même temps, cet organe, qui était rouge, violacé, lisse, gonflé, élastique et mou, est devenu dur, rouge pâle, grenu, rugueux et mince ». « D'une manière générale, ajoutait Bochefontaine, on sait que les irritations qui portent sur la substance grise centrale encéphalo-médullaire, par exemple, l'excitation qui survient dans ces centres au moment de la mort par asphyxie, détermine la *contraction de la rate* de même que celle de la *vessie*. On pouvait donc prévoir que la faradisation du cerveau entraînerait la contraction de la *vessie* et, par suite, la miction, si ce réservoir contenait de l'urine. »

C'est encore sous l'influence d'une même irritation, celle qui se produit dans le système nerveux central, au moment de la mort par asphyxie, que le *foie,* le *pancréas,* les *glandes salivaires* entrent en activité. Ces faits autorisaient donc à croire que « la faradisation du gyrus sigmoïde doit susciter l'hypersécrétion du foie et du pancréas, en même temps que l'afflux de la salive ». L'expérience instituée par Bochefontaine montra que la stimulation faradisique du cerveau parvenait bien au foie et au pancréas, mais pour en arrêter, non pour en exciter la sécrétion : « La faradisation de la circonvolution frontale qui limite le sillon crucial a suspendu presque complètement, à plusieurs reprises, l'*écoulement de la bile*. Avant l'électrisation, 20 gouttes de ce fluide tombaient, chaque minute, de la canule placée dans le canal cholédoque ; pendant plus d'une minute après l'excitation, il n'en est pas tombé une goutte. La *sécrétion pancréatique* a été très ralentie par la même stimulation. Je n'ai pas pu étudier le trouble de la sécrétion pancréatique avec autant de soin que celui de la sécrétion biliaire, parce que la sécrétion du fluide pancréa-

INNERVATION CENTRALE DE LA VESSIE, DES SPHINCTERS VÉSICAL ET ANAL, DU VAGIN

En étudiant l'influence du système nerveux central sur la motilité de la *vessie* urinaire, BUDGE avait vu celle-ci répondre par des contractions à l'excitation du pédoncule cérébral, du corps restiforme et du *calamus scriptorius* de la moelle allongée. L'excitation des hémisphères cérébraux, du corps strié et de la couche optique ne fut pas, dans ces expériences, suivie de réaction. L'excitation du cervelet resta aussi sans effet. Toutefois, comme la stimulation du corps restiforme au point où il passe dans le cervelet avait été efficace, BUDGE ne crut pas devoir refuser au cervelet toute participation à la provocation des mouvements de la vessie. Bref, ce savant conclut de ses expériences que le centre en question siège dans les pédoncules cérébraux et qu'il reçoit du cerveau une excitation : « Nous devons, a-t-il écrit, nous contenter d'avoir indiqué avec quelque évidence qu'en excitant certaines régions du cerveau, à nous d'ailleurs inconnues, les fibres ou les ganglions des pédoncules cérébraux peuvent subir une stimulation qui détermine une contraction de la vessie ». Dans un travail sur la *Physiologie des pédoncules cérébraux* (1869), publié en langue russe, et dont BECHTEREW nous a fait connaître le résultat (1), AFONASSIEW expliqua les contractions vésicales consécutives à l'*excitation* des pédoncules cérébraux par un spasme des vaisseaux de la vessie, l'anémie, due à l'insuffisance de la quantité de sang artériel qui résulte de cette stimulation, provoquant une excitation des muscles lisses de la vessie ou de ses terminaisons nerveuses. Quant à la *section* des pédoncules, elle ne fut suivie d'aucune modification dans l'état de contraction de la vessie. Cet auteur nia donc toute influence directe du cerveau sur les mouvements de la vessie. Mais BOCHEFONTAINE (1876) (dans le sens que nous avons indiqué), SSOKOWNIN (1877), NUSSBAUM (1879) ont été conduits par les faits à une opinion contraire. Ainsi BOCHEFONTAINE a déterminé quatre points au moins, dit-il, de la circonvolution entourant le sillon crucial dont

---

(1) W. BECHTEREW und N. MISLAWSKI. *Die Hirncentra für die Bewegung der Harnblase.* Neurol. Centralbl., 1888, 505 sq.

l'excitation faradique agit sur l'appareil urinaire : « Très souvent, quand on fait passer un courant faradique sur les circonvolutions cérébrales antérieures, chez un chien engourdi par le curare, comme chez un chien anesthésié incomplètement avec le chloral hydraté, on voit l'animal uriner plus ou moins abondamment. La miction est alors le résultat immédiat des contractions de la vessie, plus ou moins distendue par l'urine ; j'ai pu maintes fois m'en assurer en examinant la vessie mise à découvert, au moment où le cerveau était soumis à la faradisation, sur des animaux curarisés et chez lesquels on pratiquait la respiration artificielle. L'électrisation du cerveau a donc pour effet d'exciter les nerfs qui animent la tunique musculaire de la vessie. » Bochefontaine s'était assuré que la miction causée par la faradisation du cerveau n'était pas due à une suractivité des reins, à une hypersécrétion d'urine dans la vessie, amenant l'urination : « La vessie, le plus ordinairement, ne se vide pas complètement, d'un seul coup, sous l'influence de l'excitation faradique passagère du cerveau. A *chaque contraction* qui se produit, elle se débarrasse seulement d'une partie de l'urine qu'elle contient. Il faut deux, trois, quatre faradisations, suivies de contractions de la vessie, pour que ce réservoir se vide de l'urine qu'il renferme. Les deux *lobes cérébraux* paraissent avoir la même action sur la vessie, car l'excitation faradique de chacun d'eux détermine également l'évacuation de l'urine » (1). François Franck, en se servant d'instruments enregistreurs, a fait des observations semblables (2).

Dans leurs expériences sur l'innervation centrale de la vessie, dont ils ont fait connaître les résultats en 1888, Bechterew et Mislawski se sont servis de chiens et de chats curarisés jusqu'à perte complète des mouvements volontaires et chez lesquels on pratiquait la respiration artificielle. La *région corticale* dont l'excitation provoque nettement une *contraction de la vessie* est étroitement localisée : elle est limitée à la partie *interne* du segment antérieur et postérieur du *gyrus sigmoïde*. La partie externe de cette circonvolution, ainsi que les parties voisines de l'écorce cérébrale, ne répondent que peu ou point à la faradisation. « Les centres corticaux des mouvements de la vessie découverts par nous, disent Bechterew et Mislawski, ne coïncident donc pas complètement avec ceux indiqués par Bochefontaine, car ce dernier auteur désigne la partie externe du segment antérieur du gyrus sigmoïde comme la région dont on obtient

---

(1) Bochefontaine. *Étude expérimentale de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise du cerveau*, etc. L. l., p. 165-6.

(2) *Leçons sur les fonctions motrices du cerveau*. Paris, 1887.

une contraction du *detrusor vesicae.* » La région circonscrite par les auteurs russes réagit, après un court stade latent, par une contraction de la vessie ; la contraction cesse immédiatement dès qu'on éloigne les électrodes. Dans la plupart des cas, des courants d'une moyenne intensité sont nécessaires pour amener un résultat positif. Des excitations répétées d'un seul et même point de l'écorce sont bientôt suivies chez le chien d'un épuisement du centre.

Les auteurs russes s'occupèrent alors, suivant leur méthode, si féconde en découvertes de premier ordre, d'interroger les organes centraux du cerveau. Après avoir mis à découvert les ventricules en enlevant d'abord les hémisphères, ils provoquèrent une contraction constante de la vessie, déjà avec des courants relativement faibles, chez le chien comme chez le chat, en excitant les parties inférieures du segment ou *noyau antérieur* du *thalamus opticus* au niveau du passage du *corpus striatum* dans la *cauda.* Après l'interruption du stimulus, cette contraction de la vessie commence par diminuer assez rapidement pour cesser peu à peu. Même avec une excitation beaucoup plus forte, les segments *moyen* et *postérieur* du *thalamus* ne réagissent point. L'excitation du *corpus striatum,* aussi bien que celle du *nucleus lenticularis,* demeurent également sans effet. On obtient toutefois des contractions de la vessie identiques à celles que provoque l'excitation du segment antérieur de la couche optique en mettant les électrodes en contact avec le segment postérieur de la *capsule interne* à proximité du *thalamus,* ou en stimulant la *calotte* sous les tubercules quadrijumeaux. L'excitation de la surface de ces deux éminences bigéminées, de même que celle de l'écorce du *cervelet* et de ses parties centrales, ne produit aucun effet sur l'innervation motrice de la vessie. L'excitation du segment antérieur de la *capsule interne* provoque bien aussi une contraction de la vessie, mais, pour obtenir ce résultat, il est nécessaire d'affecter un certain faisceau provenant des parties antérieures des hémisphères et qui part évidemment des territoires corticaux indiqués pour se rendre au centre ou *noyau antérieur* du *thalamus.* Ainsi, dans la couche optique, le centre des mouvements de la vessie est situé au bas du segment antérieur de ce ganglion, où il occupe un espace limité ne dépassant point quelques millimètres. Ce *centre thalamique* est relié, d'une part, au moyen d'un faisceau de fibres, avec les *centres corticaux*; d'autre part, il est en rapport avec les centres de la *moelle épinière* par l'intermédiaire de faisceaux qui, au sortir de leur ganglion d'origine, traversent les parties profondes de la *capsule interne* et de la *calotte du pédoncule cérébral.* BUDGE, dans ses expériences, n'a évidemment rencontré que les faisceaux qui descendent à la moelle épinière. Les résultats négatifs de ses essais d'excitation des ganglions centraux s'expliquent

fort bien : il n'a pas atteint le *centre thalamique* dont la localisation est si étroitement délimitée et dont l'étendue est tout à fait minime. J. Ott a reproduit les expériences de Budge et confirmé, à ce point de vue, l'existence d'un centre du *detrusor vesicae* dans le pédoncule cérébral ; il a vu son excitation être suivie de l'évacuation du contenu de la vessie. Les fibres du *detrusor vesicae* passent, dit-il, par les cordons latéraux de la moelle épinière : la section de ces cordons abolit seule les contractions de la vessie, non celle de la substance grise centrale, des cordons postérieurs ou antérieurs. Ott admet que ce centre pédonculaire reçoit sa stimulation physiologique des hémisphères cérébraux dans l'acte d'uriner (1). J. Gaule reconnaît trois systèmes servant à l'innervation de la vessie : le plus élevé possède des centres dans le cerveau, le second dans la moelle épinière, le troisième dans la paroi vésicale elle-même (*Blasenwand*) (2).

Bechterew et Mislawski ont constaté que, quoique l'excitation des nerfs sensibles périphériques puisse encore déterminer des contractions réflexes de la vessie après la destruction unilatérale ou bilatérale de leur *centre thalamique* et la section complète du *cerveau* au niveau du pédoncule cérébral, cette stimulation doit être renforcée ; sinon elle demeure sans effet. Par exemple, une excitation du nerf sciatique qui, même après l'ablation des hémisphères, provoque toujours une contraction de la vessie, quand le *centre thalamique* est intact, demeure inefficace, l'intensité du courant restant la même, si ce centre a été détruit sur les deux couches optiques et si le cerveau a été sectionné au niveau du pédoncule cérébral. Si l'on augmente l'intensité du courant, la vessie peut encore se contracter avec une force assez grande. Il ressort de ces expériences des auteurs russes que le centre thalamique qu'ils ont découvert, abstraction faite de sa subordination aux centres corticaux, possède en outre l'importance d'un *centre réflexe,* car, sous l'influence d'assez faibles excitations cutanées, il provoque des contractions de la vessie. Les excitations périphériques agissant sur les centres de la moelle épinière proprement dite doivent au contraire, pour provoquer des contractions réflexes de la vessie, être d'une intensité beaucoup plus élevée (3).

---

(1) J. Ott. *A vesical detrusor centre in the cerebral peduncles.* Med. chir. College phys. Labor. Philadelphia, 1894.

(2) Justus Gaule. *Versuch eines Schema's der Innervation der Blase insbesondere der localen Reflexbahn.* Arch. für Anat. u. Physiol. (W. His. u. Du Bois-Reymond), 1892. Suppl. Bd., 29-39. Cf. M. v. Zeissl. *Ueber die Innervation der Blase.* Pflüger's Arch., LIII, 1893, 560-575.

(3) V. encore pour l'étude de l'innervation *périphérique* de la vessie : J. Bernheim. *Die Innervation der Harnblase beim Frosche und Salamander.* Arch. für Anat. und Physiol. Physiol. Abth. Suppl. Bd., 1892, 11-28.

Le territoire cortical dont l'excitation détermine la contraction du *sphincter vesicae* a été circonscrit par J. Meyer, dès juin 1892 : le centre cortical des contractions du sphincter de la vessie est localisé sur la partie externe du segment postérieur du *gyrus sigmoïde*, immédiatement en arrière de l'extrémité externe du *sulcus cruciatus* (1). Dans le travail publié en 1888 en collaboration avec Mislawski, Bechterew avait d'ailleurs indiqué l'existence d'un centre cortical présidant aux contractions du *detrusor vesicae*.

Sherrington a démontré expérimentalement que l'excitation électrique de la portion postérieure du *lobus paracentralis* du singe provoque des contractions du *sphincter anal* (1892). Outre le *centre ano-spinal*, il existe donc, dans l'écorce cérébrale, un centre de l'anus, un *centre ano-cortical* (2).

Dès 1892 également, et d'une manière indépendante, J. Meyer était parvenu à circonscrire, chez les mammifères inférieurs, le territoire cortical dont l'excitation faradique est suivie, après une courte période latente, d'une contraction du *sphincter ani*, laquelle persiste aussi longtemps que le courant continue d'agir. Le centre cortical des contractions du sphincter de l'anus siège, d'après ces expériences, un peu en arrière du *sulcus cruciatus*, sur le segment postérieur du gyrus sigmoïde, plus près de son bord externe que de son bord interne (3).

Gustave Mann, en excitant, chez le chat et le lapin, des points de l'écorce correspondant à peu près à ceux indiqués par Meyer pour l'innervation du sphincter anal, a vu les mouvements coordonnés de défécation résulter de cette stimulation. « Dans les expériences dont l'exposition précède, dit-il textuellement, je n'ai pas indiqué les centres de l'*anus* et de la *vessie* chez le chat ; mais j'ai constaté, à plusieurs reprises, que la stimulation de la région environnant le centre cortical de la queue a provoqué de la défécation et de la miction » (4).

V. Ducceschi avait observé, chez des chiens dont la zone motrice avait été extirpée, des contractions rythmiques du sphincter extérieur de l'anus comparables à celles qui, d'après les auteurs (Goltz, Ott), succèdent à la section de la moelle lombaire. Ces mouvements étaient-ils réellement la suite de l'ablation de ce territoire cortical ? Pour l'étude

---

(1) Bechterew. *Ueber die Rindencentra Sphincteris ani et vesicae. Nach den Versuchen von Dr J. Meyer.* Neurol. Centralbl., 1 Febr. 1893.

(2) Der zweite intern. Physiologencongr. in Lüttich. Aug. 1892. Centralbl. f. Phys., VI, 1893, 401.

(3) *L. l.*, Neurol. Centralbl., 1893.

(4) G. Mann (Edinburgh). *On the homoplasty of the brain of rodents, insectivores and carnivores.* The Journ. of anat. and phys., 1896, XXX, 1-35. V. la fig. de la p. 31.

expérimentale de ce problème, DUCCESCHI, après l'introduction dans le sphincter anal d'un petit ballon de caoutchouc rempli d'eau communiquant avec un manomètre à mercure en rapport avec les instruments enregistreurs ordinaires, interrogea, au moyen d'une paire de fines électrodes de platine, distantes d'environ 2 millimètres, les différentes régions de la zone motrice unilatérale d'animaux morphinisés et chloroformisés. Il circonscrivit ainsi une zone dont l'excitation était constamment suivie d'une contraction énergique et assez persistante de l'orifice anal, zone située « au bord supérieur et antérieur de la scissure postcruciale. » En déplaçant les électrodes au voisinage de ce point, il obtint des contractions du sphincter de l'anus associées à des mouvements de latéralité de la queue, puis de la queue seule, et encore des mouvements associés du sphincter et de la jambe du côté opposé, voire du tronc. Avec un courant suffisamment intense pour déterminer la production de convulsions épileptoïdes, il vit le sphincter anal participer à celles-ci par de violentes contractions dont chacune coïncidait avec une secousse du reste du corps. Le centre ano-cortical put être ainsi isolé sur les deux hémisphères en une seule séance ou à quelques jours d'intervalle. Mais, dans trois cas, DUCCESCHI ne put, déclare-t-il, constater l'existence de ce centre que sur un hémisphère (deux fois à gauche, une fois à droite). Nous ne comprenons pas comment il incline, sans plus, à admettre qu'un pareil centre puisse être quelquefois unilatéral. L'excitation des autres régions du cerveau, frontales ou occipitales, est toujours restée négative (1).

Après l'ablation d'une zone corticale d'un centimètre carré environ renfermant le centre éprouvé, le centre ano-cortical, DUCCESCHI constata de nouveau, en soulevant la queue des animaux, l'existence de ces contractions rythmiques du sphincter anal qu'il avait déjà observées ; elles se succédaient avec une fréquence de 20 à 25 par 1' et elles atteignirent à une pression de 22 millimètres de mercure. Ces contractions sont souvent interrompues par une pause de quelques secondes. Quelquefois l'arrêt est complet ; mais, pour que les mouvements rythmiques recommencent, il suffit d'une légère stimulation mécanique ou électrique appliquée au sphincter externe ou à son voisinage. Deux mois encore après l'ablation du centre ano-cortical, ces contractions persistent sans changement. Ce phénomène ressemble donc de tous points à celui qu'on a noté après la section transversale de la moelle lombaire : alors une

(1) V. DUCCESCHI. *Sulla innervazione centrale dello « Sphincter ani externus »*. **Riv. di patol. nerv. e ment., 1898. III, 241-6.**

excitation du sphincter externe provoque comme ici l'abaissement de la queue, mouvement de défense, et l'introduction d'un corps dans le rectum ou le sphincter, l'élévation de la queue, mouvement ordinaire dans l'acte de la défécation, durant le passage du bol fécal. « La localisation de ces mouvements réflexes coordonnés semble appartenir exclusivement, écrit Ducceschi, à la moelle épinière, car, alors que plusieurs observateurs ont réussi, en faradisant l'écorce cérébrale, à provoquer des mouvements de latéralité de la queue (ce mouvement de la queue est, chez le chien, un acte éminemment psychique), on n'a jamais sûrement constaté des mouvements d'élévation ou d'abaissement de la queue. Moi-même, en recherchant le centre du sphincter de l'anus, j'ai souvent stimulé celui de la queue, qui est contiguë; je n'ai toujours vu suivre que des mouvements de latéralité ».

La production des contractions rythmiques du sphincter anal observées après la section transversale de la moelle lombaire serait-elle due, ainsi qu'on le croit, à l'interruption des voies nerveuses reliant le centre ano-spinal au centre ano-cortical ? On admet que cette opération aurait pour effet de supprimer l'influence inhibitrice exercée par les centres supérieurs du névraxe sur le centre ano-spinal. Bref, ces contractions rythmiques sont attribuées à l'activité désormais sans contrôle du centre ano-spinal. Mais Goltz a établi que, chez une chienne dont presque toute la moelle épinière avait été enlevée depuis plus de deux ans, ces mouvements existent : « C'est un fait que le sphincter interne de l'anus, totalement soustrait à l'influence des centres nerveux, ne se comporte pas comme les autres muscles striés; il récupère, après quelques mois, sa tonicité normale ; il ne s'atrophie pas; il ne subit pas de métamorphose fibreuse; il conserve son excitabilité électrique normale. » Ducceschi tire argument de la nature de ses courbes de contractions pour soutenir que les propriétés du sphincter externe de l'anus s'éloignent de celles des autres muscles striés et se rapprochent de celles d'un muscle lisse. Goltz a observé que, après la destruction de la moelle épinière, ce sphincter n'éprouve pas les effets paralysants du curare, quoique Langley et Anderson aient vu le contraire, mais chez des chiens intacts, et dont la moelle épinière n'avait pas été détruite, comme dans les expériences de Goltz, car, comme il est bien démontré que, immédiatement après l'extirpation de la moelle épinière et la section de ses racines, le sphincter de l'anus est tout d'abord paralysé, on ne saurait s'étonner, dit Goltz, que la curarisation détermine précisément une paralysie identique. En somme, l'obscurité qui entoure la nature du mécanisme de la production des oscillations rythmiques de ce muscle dans les conditions connues jusqu'ici ne suggérerait que des hypothèses plus ou moins vraisemblables. Ducceschi a préféré s'en tenir aux résultats de ses expériences.

Quoique Goltz se soit réservé de vérifier l'interprétation de ce phénomène qu'il observa, avec Fuld, le 10 avril 1895, chez une chienne qui, depuis le 27 juin 1895, avait subi une extirpation d'un tronçon de moelle long de 158 millimètres, nous croyons devoir la reproduire : « La raison de ces contractions rythmiques de l'anus est demeurée pour nous un problème insoluble. Que le stimulus qui incite la production de ce phénomène existe localement dans le sphincter lui-même, c'est ce qui est au plus haut degré invraisemblable ; s'il en était ainsi, on devrait s'attendre à voir une excitation artificielle de l'anus amener la reprise de ce mouvement. Il ne paraît donc plus guère possible que d'admettre qu'il s'agit ici d'une propagation d'un processus d'excitation physiologique ayant son origine quelque part plus haut dans le canal intestinal et se continuant dans l'intimité de la paroi de ce canal jusqu'à l'anus pour y déterminer ces mouvements rythmiques. Dans cette manière de voir, nous considérons le sphincter externe de l'anus, quoique formé de fibres musculaires striées, comme l'anneau terminal de la musculature intestinale à laquelle il est indissolublement uni. De même que le mouvement vermiculaire du reste du canal intestinal se continue et persiste après l'extirpation de la moelle épinière, l'activité musculaire du sphincter anal demeure et persiste après cette opération et peut se déployer avec force lorsque ce muscle est stimulé par la partie voisine du rectum » (1).

Goltz lui-même avait donc été très frappé de la persistance de la structure et des fonctions du sphincter externe de l'anus, muscle strié soumis comme ceux du squelette à l'influence de la volonté, c'est-à-dire du télencéphale, après la destruction de la moelle lombaire et de la moelle sacrée. Car Langley et Anderson (1895) ont bien établi, ainsi que l'a rappelé l'illustre physiologiste de Strasbourg, que seuls le premier et le deuxième nerf sacré répondent par de fortes contractions de l'anus à la stimulation faradique, et que l'excitation des nerfs lombaires n'exerce à cet égard aucune influence. On ne saurait donc attendre aucun effet semblable des nerfs dorsaux. En vain un « fanatique » défenseur de la doctrine qui considère comme nécessaire que le tonus anal dépende de l'innervation centrale invoquerait-il une autre possibilité, à savoir que, par des voies inconnues, des fibres du sympathique gagnent l'anus pour y entretenir ce tonus. « Nous lui répondrons, écrit Goltz, dans la célèbre étude qu'il a publiée, avec J.-R. Ewald, sur le *chien à moelle épinière raccourcie*, que l'*animal antérieur*, porteur de la tête, n'est associé avec l'*animal postérieur*

(1) Fr. Goltz and J. R. Ewald. *Der Hund mit verkürztem Rückenmark*. Arch f. die ges. Phys., 1896, LXIII, 380-381.

sans moelle épinière que par deux voies nerveuses connues, par le vague et par le cordon du sympathique. Or, quoique ces deux voies aient été assez souvent soumises aux expériences d'excitation pour qu'il ne reste pas de doute à cet égard, aucun observateur n'a jamais témoigné avoir obtenu une contraction de l'anus en stimulant ces nerfs dans la région cervicale lorsque la moelle épinière avait été préalablement coupée (1) ». Ainsi le retour et la conservation du tonus du sphincter anal chez les animaux à moelle épinière raccourcie ne peut s'expliquer par la persistance du cerveau resté intact ou de la moelle cervicale. L'activité du sphincter de l'anus dans les conditions expérimentalement réalisées par Goltz ne dépend donc pas d'une action hypothétique de *nerfs longs* sur ce muscle. Elle ne dépend pas davantage des ganglions nerveux qui, situés en dehors de sa substance, existeraient quelque part dans la cavité de l'abdomen ou du bassin.

Croire que le sphincter externe de l'anus possède en lui-même, dans sa propre substance, la cause de son activité propre, c'est-à-dire qu'il se comporte comme le cœur, formé aussi de fibres musculaires striées, et que toute participation du système nerveux doive être exclue, c'est une solution du problème que repoussent également Goltz et Ewald ; il leur semble plus simple de faire dériver cette propriété du sphincter anal des connexions nerveuses spéciales qui subsistent en réalité avec le reste du canal intestinal. Quoiqu'il en soit, les sources d'innervation du sphincter anal sont des plus variées. Il est d'abord sous l'influence de la volonté, c'est-à-dire du cerveau antérieur. Lorsque, après une section de la moelle épinière, cette source d'innervation volontaire est abolie, il ne demeure pourtant point paralysé ; son tonus persiste, et, d'une manière réflexe, l'influence du rectum provoque chez lui des contractions rythmiques, contractions que peuvent inhiber de fortes stimulations cutanées simultanées. Enfin, après la destruction de la moelle épinière, le tonus du sphincter anal, loin de disparaître pour toujours, reparaît sous forme de contractions rythmiques, sans qu'on sache encore si cette troisième source d'innervation a son siège dans le muscle lui-même. Et Goltz rapproche l'innervation des muscles striés du diaphragme de celle du sphincter anal. Pour le diaphragme aussi l'innervation est d'origine multiple. D'une part, nous pouvons influencer volontairement notre respiration. Un autre centre de ces mouvements, centre automatique, soumis aussi à l'influence des réflexes, existe dans le bulbe et la moelle cervicale. Enfin des portions excisées du muscle diaphragmatique continuent

---

(1) Fr. Goltz und J. R. Ewald. *Der Hund mit verkürztem Rückenmark*, 377-8.

encore longtemps à se contracter d'une façon rythmique. On peut aussi et surtout rappeler la faculté que possède le cœur d'exécuter des mouvements rythmiques autonomes. « Mais l'innervation du sphincter de l'anus est tout à fait particulière, son étude, conclut GOLTZ, doit être continuée ».

Innervation centrale du vagin. — Jusqu'aux expériences de W. von BECHTEREW et de N. von MISLAWSKI, l'influence qu'exercent les centres nerveux encéphaliques sur l'innervation motrice du *vagin* était presque inconnue, et la route suivie par les excitations parties de ces régions supérieures du névraxe jusqu'aux organes sexuels ne l'était guère mieux. BOCHEFONTAINE avait pourtant constaté, dans une expérience, que « la faradisation du gyrus autour de l'extrémité externe du sillon crucial fait contracter les trompes utérines (1) ». KEHRER (2), JASTREBOFF (3), J.-N. LANGLEY (4), n'avaient bien éclairé déjà que la physiologie des centres d'innervation périphérique et spinale. Ainsi, JASTREBOFF, en excitant au moyen de stimuli mécaniques, électriques ou thermiques soit le vagin, soit la vessie, voire l'utérus et les ovaires, avait vu le vagin se contracter. Même après la section de la moelle épinière à différents niveaux, après la destruction de la moelle lombaire, ces contractions rythmiques persistent, aussi bien qu'après la section de toutes les branches du sympathique qui se rendent au petit bassin. Isolé des organes qui l'environnent, sectionné en deux parties, le vagin continue à être animé de contractions rythmiques. Il est donc manifeste que le vagin se contracte automatiquement, c'est-à-dire à l'aide de centres nerveux ganglionnaires situés dans ses parois. Sous l'influence de l'excitation électrique, le vagin ne se contracte pas d'ailleurs comme un muscle : il répond au stimulus comme un organe pourvu de centres nerveux ; le choc électrique est suivi de contractions rythmiques plus intenses que les contractions normales ; elles ne cessent que progressivement. Des expériences de JASTREBOFF sur l'influence du système nerveux central, c'est-à-dire de la moelle épinière et de la moelle allongée, sur les contractions du vagin, il résulte qu' « il existe dans la *moelle lombaire* un centre d'excitation, et, dans la *moelle allongée*, un centre d'arrêt, peut-être aussi d'excitation, des mouvements du vagin. » Enfin, il ressort des recherches de LANGLEY que l'excitation du sympathique entre le deuxième ganglion lom-

(1) BOCHEFONTAINE. *L. l.*, 1876, p. 165.
(2) *Ueber die Zusammenziehungen des weiblichen Genitalcanals*. Giessen, 1869.
(3) *Ueber die Contraction der Vagina bei Kaninchen*. Arch. f. Anat. und Physiol., 1884, 90.
(4) *The Innervation of the pelvic viscera*. Journ. of phys., 1890.

baire et le quatrième ganglion sacré amène un resserrement et quelquefois aussi un état contraire du vagin. Le trajet des fibres allant à ces ganglions passe par les *rami communicantes* des nerfs sacrés. L'excitation de ces nerfs dans le canal médullaire peut aussi bien déterminer une contraction qu'une dilatation, la pâleur ou la rougeur du vagin : la dilatation et la rougeur suit surtout l'excitation du troisième et du quatrième nerf sacré, la contraction et la pâleur celle du premier et du second. L'innervation du *penis* ressemble à celle du *vagin*.

La disposition des expériences instituées par Bechterew et Mislawski (1) consista, après avoir fendu la paroi abdominale d'une lapine, à introduire dans le vagin, par une ouverture pratiquée dans une trompe utérine, un ballon fixé à une canule de verre ; dans d'autres cas, chez les chiennes en particulier, le ballon fut introduit directement dans le vagin. L'extrémité libre de la canule ou du tube de verre était toujours reliée à un manomètre à eau qui communiquait ses oscillations à la plume d'un appareil enregistreur de Marey, de sorte que les courbes des mouvements du vagin s'inscrivaient sur le cylindre en rotation. Les tableaux des courbes de ces contractions, telles que la méthode graphique les révèle, présentent chez ces deux espèces de mammifères des différences typiques dont la raison demeure encore inexpliquée. Quant aux centres corticaux de ces mouvements, leur stimulation peut aussi bien exciter qu'inhiber l'activité du vagin. Localisés dans la région antérieure ou motrice de l'écorce chez la lapine, les centres spéciaux d'innervation cérébrale du vagin répondent à l'excitation par une augmentation plus ou moins accusée de la fréquence des mouvements et quelquefois de la force des contractions, lorsque cet état ne préexistait pas ; mais aussi par un ralentissement et une diminution d'intensité des contractions, voire par un arrêt complet de celles-ci. Chez la chienne, c'est surtout l'excitation du gyrus sigmoïde qui détermine ces contractions, quoique celle d'autres territoires corticaux voisins ait été également efficace à cet égard. En excitant ces régions on peut, chez la chienne, distinguer des territoires d'incitation et des territoires d'arrêt : l'augmentation de la fréquence et de la force des contractions répondent à la stimulation des premiers, l'affaiblissement et le ralentissement, voire la cessation temporaire des contractions, à celle des seconds. Une contraction consécutive de sens contraire succède immédiatement à ces deux sortes de réactions. « Si les territoires d'inhibition sont excités au moment où le vagin se contracte, la contraction diminue

---

(1) W. v. Bechterew and N. Mislawski. *Ueber die Hirncentren der Scheidenbewegungen bei Thieren*. Arch. f. Anat. u. Phys. Phys. Abth., 1891, 380-93.

rapidement et cesse tout à fait jusqu'à la fin de l'excitation ; dans d'autres cas, il y a des contractions particulièrement violentes. » Relativement à la topographie de ces centres d'*incitation* et d'*arrêt* corticaux, Bechterew et Mislawski constatent simplement que, au cours de leurs expériences, la *région postérieure du gyrus sigmoïde*, c'est-à-dire la région située en arrière du *sulcus cruciatus*, exerçait une action surtout *incitatrice* sur les contractions du vagin, tandis que la partie externe de la *région antérieure du gyrus sigmoïde* et le bord de son extrémité postérieure, la zone de passage entre les deux régions et, dans quelques cas, la partie limitrophe de la IIe circonvolution, exerçaient surtout une influence *d'arrêt* sur les contractions du vagin. Les autres territoires de l'écorce cérébrale ne possèdent, semble-t-il, aucune action appréciable sur les contractions du vagin. En outre, non seulement on observe des différences individuelles chez les divers animaux : on peut même, chez le même animal, suivant l'état d'excitabilité de l'écorce, voir un effet de caractère opposé suivre la stimulation d'un même point. « Cette dernière circonstance nous force à admettre, écrivent ces auteurs, que, dans l'écorce cérébrale, les centres d'incitation et d'inhibition des contractions du vagin ne sont point nettement distincts et séparés les uns des autres, qu'ils passent plutôt l'un dans l'autre, encore que l'une ou l'autre de ces fonctions *prédomine* dans un centre ou dans l'autre. »

Quant aux parties centrales de l'encéphale, il existe dans la moitié antérieure des *thalami optici*, à proximité des centres de la *vessie* et du *rectum*, un centre d'incitation et aussi d'arrêt des contractions du *vagin*. Les résultats ont été négatifs pour le *corpus striatum*. Aucune expérience n'ayant été faite sur les tubercules quadrijumeaux et le cervelet, on ne peut dire s'il y existe ou non des centres ou des faisceaux servant à la transmission de l'innervation centrale du vagin. La stimulation de la *moelle allongée* a provoqué de violentes contractions de cet organe. Les auteurs russes ont pu isoler un faisceau dont la section en arrière des couches optiques diminue instantanément ou abolit même entièrement pour longtemps les contractions du vagin. Dans un cas, l'excitation des nerfs sensibles périphériques fut même incapable d'en réveiller les mouvements spontanés. Ce faisceau est certainement le canal par lequel se propagent les incitations qui, du centre considéré de la couche optique, se propagent jusqu'au vagin. Les voies nerveuses qui servent à la transmission de l'influence de l'écorce cérébrale sur la même région sont assez nombreuses : ce sont d'abord les racines des *nerfs sacrés*, puis les *nerfs splanchniques*, enfin les *nerfs vagues*. Dans la moelle lombaire se trouve certainement un centre d'incitation qui agit sur le vagin par l'intermédiaire des nerfs sacrés ; on réussit presque toujours en excitant ces nerfs,

surtout le deuxième et le troisième, à provoquer d'énergiques contractions du vagin. Comme pour les nerfs sacrés, la stimulation du bout périphérique du splanchnique est suivie d'une incitation des mouvements du vagin. L'excitation du bout central de ce nerf n'a pas donné de réponse. Le vague, cela résulte de nombreuses expériences, exerce une action d'arrêt sur le vagin. La stimulation du bout *périphérique* du *vague* fut toujours suivie d'un relâchement et d'un ralentissement des contractions : si l'on excite ce nerf au moment où débute une contraction du vagin, et même si elle a déjà commencé, cette contraction cesse aussitôt et disparait complètement; il y a flaccidité du vagin. De fortes stimulations périphériques ont également provoqué un arrêt des contractions du vagin (ouverture du crâne, etc.). Contrairement à ce qui résulte de l'excitation du bout périphérique du vague, la stimulation du bout *central* détermine des contractions plus ou moins énergiques, comme c'est le cas pour le bout central d'autres nerfs sensitifs, tels que le sciatique.

« Il est nécessaire d'attirer l'attention sur l'importante différence qui existe entre l'influence incitatrice de la *moelle épinière*, de la *moelle allongée* et des *couches optiques* d'une part, et celle de l'*écorce cérébrale*, d'autre part, sur les contractions du vagin. Pour ce qui a trait aux trois premières provinces du névraxe énumérées, on obtient d'ordinaire une forte contraction le plus souvent unique et d'une durée peu prolongée ; elle se manifeste presqu'au début de l'excitation ; le stade latent est donc relativement court. En stimulant les territoires d'incitation de l'écorce cérébrale, on obtient soit une contraction d'une durée et d'une élévation plus considérables, soit un petit nombre de contractions intenses qui se succèdent rapidement (1). » En somme, l'impression qu'on emporte de ces expériences d'excitation de l'écorce cérébrale, c'est qu'il y a lutte entre les deux influences incitatrice et inhibitrice et que ce n'est qu'après un assez long temps que la première l'emporte finalement sur la dernière, ainsi que cela ressort de l'examen des courbes.

Or ce phénomène ne s'explique que si l'on admet, avec les auteurs russes, que les voies nerveuses d'origine corticale destinées à exciter ou à inhiber les contractions du vagin, encore que confondues, ne laissent pas d'occuper, les unes et les autres, des territoires de l'écorce où, dans de certaines limites déterminées, elles prédominent. Ce qui n'est pas moins significatif, c'est que l'action incitatrice qui succède à une stimulation de ces centres est ordinairement suivie d'un arrêt passager des mouvements du vagin, et, inversement, qu'après une action d'arrêt appa-

---

1) V. les courbes, pl. XII, fig. v.

raissent toujours de très fortes contractions. Ce fait témoigne, selon Bechterew, de l'existence de « *centres automatiques* exerçant une influence modératrice immédiate sur les mouvements du vagin, centres servant à manifester aussi l'influence des centres encéphaliques sur ces contractions. » Sans avoir fait de recherches spéciales pour résoudre la question de savoir si les mouvements spontanés du vagin dépendent, comme le soutient Jastreboff, de ganglions nerveux localisés dans la paroi de cet organe, ou si, comme le croit Kehrer, ces mouvements dépendent exclusivement d'un centre situé dans le système nerveux central, dans la moelle épinière en particulier, Bechterew et Mislawski ont établi par leurs expériences que l'*écorce des hémisphères cérébraux*, les *couches optiques* et la *moelle allongée* influencent manifestement les contractions spontanées du vagin. Si donc, comme ils inclinent à l'admettre, ces contractions sont un effet de l'activité de centres nerveux automatiques périphériques, ces derniers centres n'en sont pas moins, encore une fois influencés dans leur activité par les centres supérieurs du névraxe, par les centres encéphaliques, surtout par les centres thalamiques.

Contractions des muscles lisses de l'estomac, de l'intestin, de la vessie pendant les convulsions épileptiques. — Les muscles lisses ne laissent pas de participer aux convulsions toniques et cloniques que l'on considère comme le symptôme caractéristique de l'attaque d'épilepsie. Après Todorsky et Borischpolsky, qui ont étudié à cet égard le système vaso-moteur, et Brown-Séquard et Vulpian, qui ont jeté quelque lumière sur la physiologie des autres muscles lisses, W. Ossipow a institué dans le laboratoire le mieux indiqué de tous pour de pareilles recherches, dans le laboratoire de W. von Bechterew, une série d'expériences sur les rapports de la musculature lisse, en particulier de celle de l'*estomac*, de l'*intestin* et de la *vessie*, avec l'attaque d'épilepsie (1). Les accès des animaux étaient provoqués soit par l'irritation, au moyen de courants d'induction, de la zone motrice du chien, soit par des injections intraveineuses d'essence d'absinthe. Pendant et après l'attaque furent enregistrés, au moyen de la méthode graphique, les mouvements du corps de l'estomac, de son pylore et de son cardia, du duodénum, de l'intestin grêle (jéjunum et iléum), du gros intestin (côlon et rectum) et de la vessie.

1° Pendant l'attaque d'épilepsie, les contractions de l'*estomac*, des *intestins* et de la *vessie* sont très nettes : elles persistent d'ordinaire encore

---

(1) W. Ossipow. *Ueber Magen-, Darm- und Harn- blasencontractionen während des epileptischen Anfalls.*

quelque temps après la fin de l'accès. 2° Les contractions de l'*estomac* ont lieu dans 50 pour 100 environ des attaques et se limitent principalement au *cardia* et au *pylore*. 3° Les contractions de l'*intestin grêle* et du *gros intestin*, ainsi que celles de la *vessie*, constituent un symptôme constant de l'attaque d'épilepsie. *a*) Les contractions du *duodénum* débutent dans la période clonique de l'attaque ou peu après la fin des spasmes des muscles striés. *b*) Les contractions de l'intestin grêle commencent à apparaître vers le milieu de la période clonique de l'accès. *c*) Les contractions du gros intestin se produisent soit dans la période tonique, soit dans la période clonique de l'attaque d'épilepsie; elles se montrent souvent au début de la période clonique. *d*) Les contractions de la vessie ont lieu d'ordinaire au commencement de la période tonique de l'attaque d'épilepsie. 4° Les contractions des intestins et de la vessie sont très fortes ; elles présentent le caractère d'un spasme de longue durée. Il en est surtout ainsi des contractions du gros intestin et de la vessie. 5° Entre deux contractions intenses, et aussi après la fin de toutes les contractions provoquées par l'attaque, survient dans la plupart des cas une parésie, d'une durée plus ou moins longue, des intestins et de la vessie.

6° Il résulterait encore de ces expériences, dans les cas d'ablation de la zone motrice corticale au cours d'une attaque, de section du tronc encéphalique à différentes hauteurs et de nerfs périphériques (*n. vagi, splanchnici, phrenici*), avec et sans curare, que les phénomènes de l'estomac, des intestins et de la vessie observés pendant une attaque d'épilepsie provoquée par la faradisation de l'écorce, ne sont pas sous la dépendance de l'excitation locale des centres corticaux respectifs de l'estomac, des intestins et de la vessie : ils seraient l'effet de l'attaque d'épilepsie elle-même qui semble être « le résultat d'une irritation d'ensemble du territoire moteur de l'écorce cérébrale et des centres qui y sont localisés. »

7° L'asphyxie, qui est un phénomène constant de la période paroxystique de l'accès, est une cause qui favorise les contractions de l'estomac, des intestins et de la vessie.

8° La très forte compression exercée par le diaphragme et l'abdomen sur l'estomac, l'intestin, la vessie et leur contenu semble être aussi une cause déterminante des contractions de ces organes pendant l'attaque.

9° La sortie de l'urine et des fèces qui accompagnent si souvent les attaques d'épilepsie est une suite des contractions de l'intestin, de la vessie et de la compression de l'abdomen sur ces organes et leur contenu.

10° Une analogie existe entre les convulsions épileptiques des muscles striés et les contractions de l'estomac, de l'intestin et de la vessie pendant l'attaque d'épilepsie : les unes et les autres dépendent de la zone motrice de l'écorce cérébrale.

CENTRES THERMIQUES DE L'ÉCORCE ET DES GANGLIONS CENTRAUX DU CERVEAU

Dès 1874, E. Hitzig avait constaté que, consécutivement aux extirpations de l'écorce cérébrale, une élévation de la température se produit sur la moitié opposée du corps ; la chaleur est assez intense pour être sentie par la peau. En rappelant ce fait, à l'occasion des expériences d'Eulenburg et de Landois, qu'il confirme, Hitzig formule ainsi le résultat de ses propres observations : « 1° après des lésions de l'écorce cérébrale on constate une élévation considérable de la température des extrémités opposées ; 2° à cet égard la localisation ne diffère pas de celle des mouvements (1). »

En inaugurant leurs expériences sur *les effets thermiques des lésions expérimentales du système nerveux et sur leur rapport avec les nerfs des vaisseaux* (2), Eulenburg et Landois s'étaient posé entre autres cette question : Existe-t-il des centres thermiques localisés dans les hémisphères ? Naturellement ces auteurs étaient tout d'abord portés, comme ils en témoignent, à interroger à cet égard les régions de l'écorce où Hitzig et Fritsch avaient déterminé les territoires moteurs : « La supposition qu'on rencontrerait peut-être à proximité de ces centres fonctionnels moteurs, localement délimités, des aires corticales thermiques vaso-motrices correspondantes, se trouva justifiée, presque au delà de toute attente, au moins déjà pour quelques-uns de ces centres ». Voici les conclusions auxquelles étaient arrivés ces auteurs :

1° La *destruction* de certains territoires corticaux du cerveau antérieur, correspondant à la région pariétale du chien, provoque immédiatement une élévation considérable de la température des deux extrémités opposées. L'élévation de la température apparaît aussitôt après la destruction

---

(1) Reichert's u. Du Bois-Reymond's Arch. 1874. Centralbl. f. d. medic. Wissensch., 1876, 323. *Ueber Erwärmung der Extremitäten nach Grosshirnverletzungen.*

(2) A. Eulenburg u. L. Landois. *Ueber die thermischen Wirkungen experimenteller Eingriffe am Nervensystem und ihre Beziehung zu den Gefässnerven.* Arch. f. path. Anat. und Phys... von Rud. Virchow, Bd. LXVI, 489 ; LXVIII (1876), 245.

de l'aire corticale correspondante, souvent avant que l'animal soit réveillé de la narcose chloroformique, avant qu'il ait exécuté aucun mouvement spontané. L'augmentation de la température peut, immédiatement après l'opération, atteindre 5 à 7°, dans d'autres cas seulement 1 1/2 à 2°; elle est tantôt plus élevée dans l'extrémité antérieure, tantôt dans l'extrémité postérieure, en raison évidemment du siège et de l'étendue de l'aire corticale détruite. La destruction chimique (application de sel marin) de la surface du cerveau agit de même, mais secondairement, après un premier stade d'excitation qui détermine un refroidissement. Avec des *destructions* et des *stimulations* limitées des centres corticaux on peut, en même temps que l'échauffement de l'extrémité antérieure, par exemple, provoquer un refroidissement de l'extrémité postérieure correspondante, et *vice versa*;

2° Le territoire des extrémités en rapport avec ces effets thermiques est des deux côtés assez exactement limité en avant par le *sulcus cruciatus* (1); il comprend des parties de la IVe circonvolution, en particulier la région postérieure et latérale des circonvolutions réunies en un gyrus unciforme qui semblent correspondre à la circonvolution centrale antérieure (FA) du cerveau du singe et de l'homme (IVe circonvolution; *gyrus postfrontalis*, OWEN). C'est donc la même région à laquelle appartiennent les points d'excitation moteurs découverts par HITZIG et par FRITSCH pour l'extrémité postérieure aussi bien que pour les fléchisseurs et les rotateurs du membre antérieur (fig. 12, p. 954). Les territoires thermiques des extrémités antérieure et postérieure sont distincts : le territoire de l'extrémité antérieure est situé un peu plus en avant et en dehors, immédiatement à proximité de l'extrémité latérale du *sulcus cruciatus*. La destruction du *gyrus praefrontalis*, de même que celle du *gyrus supersylvius* ou d'autres circonvolutions plus reculées en arrière, n'est pas suivie d'effets thermiques;

3° Au réveil de la narcose, les chiens présentaient toujours des troubles de la motilité et de la conscience musculaire (*Muskelbewusstsein*) des extrémités opposées dont les centres moteurs corticaux de FRITSCH et HITZIG se trouvaient plus ou moins intéressés. Ces troubles témoignaient que

---

(1) Les observations anatomiques d'A. DÖLLKEN, relatives au développement du ruban de Reil et de ses connexions centrales (*) jettent sans doute quelque lumière sur le *centre thermique cortical* des extrémités de LANDOIS et EULENBURG (1876), centre situé sur la partie latérale du *gyrus cruciatus* du chien et dont la destruction est suivie d'une élévation considérable de l'extrémité opposée, circonstance impliquant que ce centre a surtout des fonctions d'un *centre d'arrêt* : « Il est probable qu'un *régulateur thermique sous-cortical* est en connexion avec cette région de l'écorce, centre que certains résultats expérimentaux autoriseraient à chercher dans le *corpus* LUYSII. »

(*) *Zur Entwickelung der Schleife u. ihrer centralen Verbind.* Neurol. Centralbl., 1899, n° 2.

les aires thermiques de la surface du cerveau devaient se trouver à proximité immédiate des centres corticaux moteurs correspondants. Coïncidaient-ils entièrement, étaient-ils identiques, c'est ce que les auteurs n'étaient pas portés à admettre comme assuré, ni même comme très vraisemblable ;

4° L'augmentation de la température persiste dans presque tous les cas longtemps encore après l'opération, tout en oscillant. Dans certains cas elle croît encore après l'opération ; on l'a observée encore trois semaines après. Mais, d'ordinaire, à partir du deuxième ou troisième jour, l'égalité reparaît entre les deux côtés du corps ;

5° L'*excitation* électrique localisée des territoires corticaux considérés, si les courants sont suffisamment faibles, détermine un léger refroidissement passager (de 0,2 — 0,6°) des extrémités opposées, comme on le constate par la méthode thermo-électrique. Cette diminution de la température a lieu aussi bien chez les animaux curarisés que chez les autres. L'excitation chimique (premier stade de l'application de sel marin sur l'écorce cérébrale) agit d'une manière analogue. Si l'on emploie des courants électriques d'une intensité et d'une durée plus grandes, on n'obtient pas une diminution constante de la température ; à la place se produisent des oscillations de l'échelle, ou même une légère élévation de la température qui persiste plus ou moins longtemps après l'excitation. L'excitation d'autres aires corticales situées soit en avant, soit en arrière, soit latéralement des centres considérés, n'est suivie d'aucun effet thermique ;

6° On ne peut constater sûrement, d'une manière analogue, l'existence d'une aire corticale thermique de la moitié opposée de la face. L'état de la température de l'oreille est douteux (chien et lapin). On a observé souvent, chez les chiens opérés, une *augmentation de la sécrétion salivaire,* du côté opposé en particulier.

En manière de conclusion provisoire (1), Eulenburg et Landois remarquaient que, d'accord avec les faits anatomiques et physiologiques connus, il s'agissait, dans leur pensée, d' « *appareils vaso-moteurs localisés à la surface corticale du cerveau,* dans des aires représentant *les terminaisons centrales des nerfs des vaisseaux passant dans le pedonculus cerebri.* » Ces aires corticales, ajoutaient-ils, non sans profondeur, « étaient peut-être destinées à servir, d'une part, à la transmission des *influences psychiques sur les voies nerveuses vaso-motrices,* d'autre part, aussi, peut-être, à la production de la *conscience* des changements locaux de *température* et de *circulation* par l'intermédiaire de *systèmes d'association corticaux.* »

(1) Centralbl. f. d. medic, Wiss , 1876, 263.

Bochefontaine qui, à cette même époque, soit seul, soit en collaboration avec Lépine, Leven, Bacchi, avait institué, dans le laboratoire de Vulpian, des expériences touchant les effets de l'excitation du cerveau sur les différentes fonctions de la vie organique, parle, mais en s'en défendant, d'un développement de la chaleur, qu'il aurait observé, « deux fois seulement sur sept ou huit expériences », dans les extrémités des membres du côté opposé à celui de l'électrisation cérébrale (1). Ce jeune savant, trop tôt enlevé aux bonnes études, avait bien vu, après Vulpian, dit-il, que l'investigation des localisations fonctionnelles dans le cerveau de l'activité des différents organes thoraciques et abdominaux n'offre pas moins d'intérêt que celle des centres moteurs des extrémités et de la face (2). Il signalait dans cette étude une « mine de recherches expérimentales ». L'électrisation du cerveau agit sur tous les organes excitables, répétait Vulpian. « C'est-à-dire, écrivait Bochefontaine, qu'elle n'agit pas seulement sur les muscles qui font mouvoir les membres, le globe oculaire, etc. : elle agit également sur l'*appareil respiratoire*, de même que sur l'*iris*, sur la *rate* comme sur l'*intestin*, sur la *vessie* et sur la sécrétion des *glandes salivaires*, etc. »

Et, en effet, un des premiers, Bochefontaine a vu, en ce domaine de la physiologie cérébrale, presque tout ce que d'autres ont constaté scientifiquement plus tard. Malheureusement on ne peut dire qu'il ait fait avancer la théorie des localisations fonctionnelles de la vie organique sur l'écorce du télencéphale, car il pose encore la question de l'excitabilité de cette écorce et y répond par la négative : « Est-on en droit de considérer ces cantons du cerveau comme des centres localisés dans la substance grise corticale ? Si l'on admettait cette hypothèse, il faudrait admettre qu'un même canton très limité de l'écorce grise cérébrale est en même temps le centre des mouvements d'une patte, de la contraction de la rate et de la vessie, de la dilatation de la pupille, c'est-à-dire qu'un centre de mouvement volontaire est, en même temps, le centre d'un phénomène qui se produit en dehors de l'exercice de la volonté. » Il y voyait une insurmontable contradiction. Il lui semblait donc « plus rationnel » d'admettre — avec Schiff, Vulpian, Brown-Séquard, —

(1) Bochefontaine. *Étude expérimentale de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise du cerveau sur quelques fonctions de la vie organique*. Arch. de physiol. norm. et pathol., 2e sér., 1876, III, 140-172.

(2) Mêmes réflexions chez Louis Couty. *Étude relative à l'influence de l'encéphale sur les muscles de la vie organique, et spécialement sur les organes cardio-vasculaires*. Ibid., 665-756. Couty a défini le *cerveau*, au point de vue des résultats de ses expériences, « un organe modérateur cardiaque ».

que « les effets de la faradisation de l'écorce grise cérébrale sont des phénomènes d'ordre réflexe. » En d'autres termes, il soutenait que l'excitation électrique agissait, non sur les cellules nerveuses constituant les différentes couches stratifiées du cortex, mais soit *dans* la substance grise corticale, soit *à travers* cette substance, « à l'extrémité des fibres cérébrales blanches rayonnantes » ; cette excitation, portée par ces fibres « dans les centres céphalo-bulbaires », s'y réfléchissait dans les différents organes de l'économie. « Les faisceaux de la *substance blanche* qui pénètrent la couche corticale du cerveau m'ont paru *correspondre*, écrivait Bochefontaine, le plus souvent, aux points du *gyrus sigmoïde* et des autres circonvolutions cérébrales dont la faradisation détermine différents phénomènes dans les appareils de la vie animale ou de la *vie organique*. » Mais « *la substance grise corticale n'est pas excitable* : elle n'est qu'un corps *inexcitable* par les courants électriques ; un simple conducteur. Bochefontaine estimait donc, en 1876 encore, sous l'influence des opinions de ses maîtres, que « l'existence de *centres* divers, *localisés dans cette écorce grise,* aujourd'hui comme avant les expériences de MM. Fritsch et Hitzig, était encore à démontrer. » Ce sont, on doit le dire, des raisonnements d'École et des préoccupations purement dogmatiques qui ont empêché Bochefontaine d'inaugurer en France ces belles études sur la localisation fonctionnelle des centres cérébraux de la vie organique, dont les initiateurs demeurent, avec Hitzig, Eulenburg et Landois (1).

(1) Arpad Bókay. *Der Einfluss des Central-Nervensystems auf die Wärmeregulierung des thierischen Körpers*. V. Neurol. Centralbl., 1882, 367-8.

Arpad Bókay avait vu « la destruction de l'écorce grise des deux hémisphères être suivie d'une élévation considérable de la température persistant jusqu'à la mort ; il avait observé le même phénomène après la destruction d'un seul hémisphère » ; la destruction des « parties antérieures de l'écorce » ne provoquait aucune élévation de la température ; celle des « parties postérieures » s'accompagnait, au contraire, d'une élévation thermique considérable du *rectum*. La régulation thermique du corps par l'écorce grise cérébrale avait ainsi apparu manifeste à Bókay. Cette influence, il l'expliquait par l'existence, dans les parties occipitales de l'écorce du cerveau du lapin, de « centres nerveux exerçant une influence régulatrice sur le centre vaso-moteur de la moelle allongée ». La destruction du territoire cortical correspondant à la partie *postérieure* de la « circonvolution cérébrale moyenne » produisait donc une élévation de la température des *extrémités postérieures*, de même que la destruction du territoire cortical correspondant à la partie *antérieure* de cette circonvolution élevait la température des *extrémités antérieures*. Ces faits impliquaient que la région de l'écorce cérébrale correspondant à la « circonvolution moyenne » était de nature vaso-constrictive, et que certains centres circonscrits y exerçaient une action sur différentes parties du corps : il était donc possible de localiser les centres d'arrêt thermiques de plusieurs de ces parties chez le chien. Il y avait, dit il, certains points de l'écorce dont l'*excitation* détermine une *élévation de température* dans certaines parties correspondantes des extrémités antérieures sans qu'il soit permis de faire dériver cette hyperthermie du travail musculaire. Ces points se trouvaient, « sur les deux hémisphères, dans la partie antérieure et moyenne de la circonvolution moyenne et dans une petite partie des cirvolutions voisines. » Les points thermolytiques des

Ces deux derniers savants avaient démontré qu'il existe, dans la région dite motrice de l'écorce, des centres thermiques ou thermogènes, probablement distincts des aires motrices elles-mêmes, dont la *destruction* provoquait, dans les parties correspondantes du corps, du côté opposé, une dilatation vasculaire et une élévation de la température ; l'*excitation*, électrique ou chimique, des mêmes régions un léger abaissement de la température.

La destruction des circonvolutions frontales, pariétales et occipitales ne déterminait aucun changement de cette nature. En clinique, on avait observé depuis longtemps que les paralysies d'origine corticale sont accompagnées de troubles vaso-moteurs dans les membres paralysés. Dès 1882, Bechterew avait étudié l'état de la température du corps dans quelques formes de maladies mentales en invoquant, pour l'explication des troubles de la régulation thermique chez les aliénés, les découvertes récentes des physiologistes sur les centres thermiques de l'écorce cérébrale. Mais déjà Ripping, incité par les récentes communications d'Eulenburg et Landois et de Hitzig, avait entrepris d'étudier la température du corps, au moyen de thermomètres ordinaires, chez des aliénés (manie et mélancolie simple, mélancolie consécutive à la manie, mélancolie avec stupeur, paralysie progressive) qui présentaient une élévation thermique d'un côté du corps accompagnée d'autres phénomènes hémilatéraux, tels que hypersécrétion de la salive et de la sueur et inégalité pupillaire. Dans ces cas, l'élévation de la température périphérique ne fut guère que de 0,2° à 0,3°, rarement 0,6°. Ripping avait pensé que chez les aliénés, dont l'écorce cérébrale est si souvent le siège d'altérations pathologiques, dit-il, on constaterait vraisemblablement des différences de température entre les deux moitiés du corps, « au cas où les observations d'Eulenburg auraient réellement la portée qui leur était attribuée ». Il espérait, ces différences constatées, pouvoir faire ainsi avancer « le diagnostic des *localisations* du processus pathologique ». L'hyperthermie phériphérique observée chez ses malades lui paraissait plutôt dépendre de phénomènes d'*excitation* que de processus paralytiques de l'écorce cérébrale ; il citait à l'appui l'hypersécrétion salivaire qui, d'après les expériences de Bacchi,

---

extrémités postérieures et de la moitié correspondante du corps n'avaient pu être déterminés, mais ils devaient exister. Vraisemblablement, c'est le système nerveux vaso-dilatateur qui servait à réaliser les effets observés consécutivement à l'excitation des parties de l'écorce cérébrale en rapport avec l'élévation de la température (*).

(*) Cf. H. C. Wood. *Fever, a study in morbid and normal Physiology*. Smithsonian Institut., 1880. — Chr. Reiske. *Unters. über die Veränderung des Blutdruckes u. der Pulsbewegungen nach Zerstörung der thermisch wirksamen Region der Grosshirnrinde beim Hunde*. Greifswalder Diss., 1882.

BOCHEFONTAINE et LÉPINE, résultait bien de l'irritation directe de l'écorce. Comme il résulte des constatations mêmes d'EULENBURG que si l'on applique des courants électriques un peu trop forts la température s'élève d'abord dans les extrémités, RIPPING estimait que les hyperthermies observées chez ses malades forment le pendant en quelque sorte de ces phénomènes. Quant à la question de la localisation du siège du *centre thermique,* qui ne peut être qu'un sens de régulation thermique, elle ne lui paraît pas résolue par les expérimentateurs, au moins pour l'homme. Car, chez un homme qui avait présenté, à *gauche,* une température plus élevée qu'à droite, dans les extrémités et sur l'oreille gauches, RIPPING ayant rencontré une vaste tumeur dans la partie postérieure du *gyrus fornicatus (cingulum) droit,* néoplasme qui avait détruit entièrement l'écorce de cette circonvolution en ce point et pénétré dans la substance blanche de l'hémisphère cérébral droit en arrière de PA, sans que les circonvolutions centrales eussent subi la moindre lésion, il conclut naturellement de ce cas unique, suivant une coutume trop souvent chère aux cliniciens, que « la partie postérieure du gyrus fornicatus est le « centre thermique » du cerveau de l'homme (1) ».

Depuis que LOEWENHARDT avait attiré l'attention sur l'abaissement considérable de la température chez les aliénés, nombre d'explications de ce phénomène ont été proposées : on invoquait d'ordinaire des lésions du pont, de la moelle allongée et de la moelle épinière, sièges de centres thermiques. Car on ne pouvait attribuer ce refroidissement, souvent excessif, à l'habitus du malade, à sa nutrition, aux circonstances extérieures. D'autres malades, mais non aliénés, dans les mêmes conditions apparentes, ne présentaient pas les mêmes troubles de régulation thermique ; il tombait sous le sens que la cause devait en être cherchée dans les processus pathologiques du cerveau antérieur et d'autres provinces du système nerveux central. Les expériences des physiologistes avaient ouvert la voie, et les faits découverts par HITZIG, EULENBURG et LANDOIS faisaient leur chemin, en dépit des critiques de KUESSNER, H. ROSENTHAL, VULPIAN. OTTO HEBOLD publiait, en 1882, quatre observations où, chez des aliénés, l'abaissement de la température ne pouvait pas, et cela d'une manière certaine, être attribué à des influences extérieures aux malades, mais devait avoir été déterminé par l'affection du système nerveux central (2).

(1) LUDWIG RIPPING. *Ueber die halbseitig-differenten peripheren Temperaturen bei Geisteskranken und die Frage nach dem Sitze des thermischen Centrums in der Hirnrinde des Menschen.* Allg. Zeitschr. f. Psych., 1878, XXIV, 642 sq.

(2) OTTO HEBOLD. *Subnormale Temperaturen bei Geisteskranken.* Arch. f. Psych., XIII, 685-710.

Hebold, qui connaît, outre les expériences d'Eulenburg, toute la littérature relative à ce sujet, n'invoque pas d'autre cause que « l'influence du système nerveux central sur la régulation thermique du corps ». Bref, il s'agit bien de processus de cause centrale. Or, il s'agissait dans ces cas de paralysie générale des aliénés, « affection psychique, dit Hebold, où se montrent de très bonne heure les altérations les plus graves et les plus étendues du système nerveux central ».

Les malades sur lesquels W. Bechterew étudia les perturbations de la température du corps étaient des mélancoliques, des maniaques, des déments et des idiots. Les conditions extérieures de la vie de ces aliénés ne sauraient, il l'affirme à son tour, rendre raison de ces perturbations. Il ne reste qu'à en chercher la cause dans l'affection centrale du système nerveux. Dans le plus grand nombre des aliénés il existe d'ailleurs des *troubles vaso-moteurs* très nets dans telle ou telle partie du corps, et, en même temps, des modifications spéciales dans le rythme et la fréquence de la *respiration* et du *pouls*. Ces faits, et beaucoup d'autres, doivent dépendre de telles ou telles conditions « psychiques », provoquant ces phénomènes, et d'altérations du système nerveux central « qui agissent à la fois sur l'*innervation* de *l'appareil respiratoire* et de la *musculature du cœur*, sur le *tonus* des petits *vaisseaux sanguins* dans différentes régions du corps et sur l'état de la *régulation thermique* de l'organisme, de sorte que ces lésions peuvent provoquer de cette manière certains troubles déterminés de la *température* du corps ». Encore que beaucoup de cliniciens eussent cherché l'interprétation de ces faits, en particulier les troubles de la température chez les aliénés, dans la maladie des centres nerveux qui président à la régulation thermique, ce n'était qu'une hypothèse, presque toute fondée sur des faits négatifs : « aujourd'hui, écrivait Bechterew, il existe des faits expérimentaux et pathologiques déjà suffisants qui établissent l'influence directe de certaines régions de l'écorce du cerveau, non seulement sur le système nerveux vaso-moteur, mais aussi sur la température interne du corps. Par conséquent, ce côté obscur de la psychopathologie de l'homme s'éclaire peu à peu, et la lumière nouvelle que jettent sur ce domaine les récents travaux touchant les rapports constatés entre les lésions de l'écorce cérébrale et telles ou telles modifications thermiques, nous permettent déjà d'expliquer les différents troubles de la régulation thermique chez les aliénés » (1).

---

(1) W. Bechterew. *Ueber den Zustand der Körpertemperatur bei einigen Formen von Geisteskrankeiten (in Verbindung mit der Wärme-Regulirung)*. Arch. f. Psych., 1882, 483-517. Cf. *Der Einfluss der Hirnrinde auf die Körpertemperatur*. St. Petersburg med. Wochenschr., 1881. — *Einige Fälle von Verletzung der Grosshirnrinde. Ibid.*, 1879.

Mais ce sont les expériences qui ont naturellement fourni la démonstration la plus manifeste de l'influence des régions corticales de la sphère sensitive du corps sur le système vasculaire. STRICKER (1886), par l'excitation électrique de la région « motrice » du cerveau et la mensuration sphygmographique simultanée de la pression sanguine, vit la pression sanguine s'élever ; il se persuada que les nerfs vaso-moteurs avaient, dans l'écorce cérébrale, la même origine que ceux des muscles volontaires et admit qu'ils passaient dans le corps strié. Quoiqu'il fût probable, selon lui, qu'il existe, dans cette région du cerveau, des centres vaso-dilatateurs aussi bien que des centres vaso-constricteurs, il n'avait pas déterminé le siège des premiers. Les recherches de R.-W. RAUDNITZ, poursuivies dans le laboratoire de MUNK pour vérifier les expériences d'EULENBURG, demeurèrent négatives. Malgré ces résultats, RAUDNITZ n'a eu garde de nier « la possibilité de l'existence de fonctions modératrices du système vasculaire dans l'écorce du cerveau, et de s'inscrire ainsi en faux contre l'hypothèse de MEYNERT sur les conditions d'origine des sentiments du *plaisir* et de la *douleur*. Des observations physiologiques, telles que celles de la rougeur et de la pâleur dans les processus psychiques, semblent favorables à l'existence de ces fonctions, encore qu'une profonde différence sépare les mouvements nés sous l'influence de la volonté et arrivant à la conscience des modifications vasculaires dont le caractère propre est celui de mouvements associés (*Mitbewegungen*) ». C'est la faible constance de la température observée chez les nouveau-nés qui avaient inspiré à RAUDNITZ de continuer et de compléter les travaux de SOLTMANN (1879) sur le système nerveux vaso-moteur. Ce fait d'observation lui paraissait pouvoir s'expliquer par le développement encore incomplet d'un centre cortical vaso-moteur. En outre, il semblait établi que certains réflexes faisaient défaut aux enfants nouveau-nés, réflexes en rapport avec la régulation thermique : DARWIN avait soutenu que le nouveau-né ne tremble pas, assertion qu'avaient contestée KUSSMAUL, GENZMER, PREYER. On voit dans quel esprit vraiment philosophique RAUDNITZ avait abordé son champ d'études futures (1).

BECHTEREW, en particulier dans le travail publié avec MISLAWSKI (2), a pu établir scientifiquement l'existence des fonctions vaso-motrices d'une partie considérable de la surface des hémisphères du chien. Ces régions, non limitées à la « zone motrice », comprennent le *gyrus sigmoïde* entier,

---

(1) ROBERT W. RAUDNITZ (Prag.). *Ist ein unmittelbarer Einfluss der Grosshirnrinde auf die Gefässe nachgewiesen ?* WIRCHOW's Archiv, 1885, CI, 276-303.

(2) BECHTEREW et MISLAWSKI. *Ueber den Einfluss der Grosshirnrinde auf den Blutdruck und die Herzthätigkeit.* Neurol. Centralbl., 1886, 193 5.

des parties situées immédiatement en dehors de cette circonvolution (portion antérieure de la IIe et de la IIIe circonvolution primitive et partie supérieure de la IVe), un territoire important en arrière du gyrus sigmoïde (correspondant au lobe pariétal du cerveau de l'homme), et même des parties externes du lobe temporal. Les différents points de cette vaste surface du manteau possèdent naturellement une activité plus ou moins grande quant à cette fonction ; le plus actif est l'écorce du gyrus sigmoïde et les portions adjacentes des Ire et IIe circonvolutions. Le « lobe frontal », c'est-à-dire la région de l'écorce située en avant du gyrus sigmoïde (qui représenterait les circonvolutions centrales du singe et de l'homme) ne paraît exercer aucune influence sur le système nerveux vaso-moteur. Il en est de même de la « région occipitale » de l'écorce du télencéphale, ainsi que récemment l'a confirmé Tscherewkow (1). Bechterew et Mislawski ont en outre constaté, fait important, que, par l'excitation de l'écorce cérébrale, on ne détermine pas seulement une vaso-constriction, partant l'élévation de la pression sanguine, mais aussi une vaso-dilatatation, qui abaisse la pression du sang dans les régions correspondantes du corps. Dans ces expériences, l'excitation de toute la *portion postérieure* du gyrus sigmoïde, en arrière du *sulcus cruciatus*, provoqua une élévation constante de la pression, la vaso-dilatation résulta de l'excitation de la portion externe et moyenne de la *région antérieure* du gyrus sigmoïde lui-même, de la partie adjacente de la IIe circonvolution et de certains points des IIe et IIIe circonvolutions de la région pariétale. Ainsi que Ripping, Bechterew avait, au point de vue clinique, étudié des cas de pathologie mentale où des altérations du système nerveux central avaient déterminé des troubles vaso-moteurs plus ou moins nets sur quelques parties du corps, observations établissant entre autres l'influence des circonvolutions centrales et pariétales sur le système nerveux vaso-moteur (2).

Bechterew et Mislawski ont complété leurs recherches expérimentales touchant l'influence des *centres corticaux vaso-moteurs* sur la pression sanguine et l'activité du cœur en instituant des expériences sur les

---

(1) *Ueber den Einfluss der Grosshirnhemisphären auf das Herz und das Gefässsystem.* Charkow, 1892 (Laboratoire de Danilewski).

(2) Sir William Broadbent, identifiant les *centres thermiques* et les *centres moteurs* de l'écorce cérébrale, estime que tout, dans le sang et dans les tissus, tendant à l'oxydation et à l'excessive production de la chaleur, ces processus sont modérés par le système nerveux central, dont le rôle dans la régulation thermique du corps est ainsi capital. « La température élevée du côté paralysé chez l'hémiplégique tend, dit-il, à la même conclusion. » Il y a alors, comme dans les pyrexies, perte du « contrôle central thermotaxique ». *Brain Origin.* Brain, 1895, 192. Cf. W. Pasteur. *Two Cases of cerebral pyrexia.* Lancet, 1889.

parties centrales du cerveau. L'*élévation de la pression* (le seul phénomène qu'il ait été possible d'obtenir dans ces expériences) fut surtout très nette par l'excitation du *thalamus opticus* et du *globus pallidus* du noyau lenticulaire, ainsi que de la plus grande partie de la capsule interne, mais du segment postérieur surtout, car celle du segment antérieur fut ici moins efficace: l'effet le plus faible résulta de l'excitation du *noyau caudé* tout entier. Ces résultats restant les mêmes lorsqu'une dégénération secondaire des faisceaux des pyramides a été provoquée par une ablation de la zone motrice de l'écorce cérébrale, il est clair que la faculté de pouvoir exercer une influence immédiate sur la pression sanguine appartient aux ganglions centraux (*globus pallidus* et *thalamus opticus*). Par conséquent, *en dehors des fibres de la voie des pyramides, les fibres reliant l'écorce avec les ganglions centraux doivent servir à la transmission des courants nerveux qui, de l'écorce cérébrale, se propagent au tonus des vaisseaux* (1).

Nous parlerons plus bas des résultats remarquables auxquels Bechterew et Mislawski sont arrivés touchant l'influence de l'écorce cérébrale et du thalamus opticus sur l'activité du cœur. Il faut avant rappeler quelques-uns des travaux les plus importants sur les centres thermiques ou vaso-moteurs qu'on a localisés dans les ganglions de la base et dans diverses régions de l'encéphale. Outre les centres « thermogéniques » de la moelle épinière, Isaac Ott avait localisé des centres de cette nature dans la région des corps striés (1884), puis sur la face antéro-interne du thalamus (1885). D'accord avec Sachs et Aronsohn, il attribuait l'élévation de la température consécutive aux lésions destructives de ces régions à une hyperthermie véritable de l'organisme, non à une perte moindre de calorique. En 1889 et dans les années suivantes, Ott a essayé de déterminer expérimentalement et cliniquement les différents centres de vaso-constriction et de vaso-dilatatation du névraxe tout entier. Il a énuméré les régions suivantes du télencéphale, du diencéphale et du rhombencéphale: 1. région du *sulcus cruciatus* (scissure de Rolando); 2. région d'enceinte de la *fossa Sylvii*; 3. *nucleus caudatus*; 4. substance grise du *septum pellucidum*; 5. *thalamus opticus*; 6. *tuber cinereum*; 7. substance grise de la partie antérieure du plancher du troisième ventricule. Ce dernier centre serait identique avec le *centrum thermo-polypnoïcum*. La polypnée n'est qu'une fonction de ce centre thermique. Comme tous les centres thermiques, celui-ci est un centre modérateur de la température, centre réflexe, qui, lorsque la température du corps est élevée, excite les

(1) W. Bechterew u. Mislawski. *Ueber den Einfluss der centralen Gehirntheile auf den Blutdruck und die Herzthätigkeit*. Ibid., p. 416-8.

centres thermolytiques dont l'effet est d'abaisser cette température par une déperdition de chaleur due à l'innervation réflexe des nerfs vaso-moteurs, des muscles de la respiration et des glandes sudoripares. L'ablation de ce centre diminue le nombre des mouvements respiratoires. La fièvre a son origine dans un trouble fonctionnel des centres de régulation thermique. Les antipyrétiques, tels que l'antipyrine, agissent en diminuant l'excitabilité de ces centres (1).

Sherrington admet qu'il y a quelque raison d'être en faveur de l'existence des différents centres vaso-moteurs qui ont été décrits dans le *corpus striatum* et ailleurs dans l'encéphale et la moelle épinière (2). Kaiser croit que le *nucleus caudatus* est un centre vaso-moteur des parties de toute la moitié opposée du corps (3). W. Hale White soutient que les lésions destructives du *corpus striatum* élèvent très nettement la température du corps pendant une durée moyenne de 58 heures. La lésion du *thalamus opticus* possède une action analogue, quoique moins intense ; il n'a observé aucune différence de température entre la moitié correspondante et la moitié du corps opposée à la lésion chez le lapin ; cela implique, selon White, que, chez ce mammifère, les nerfs régulateurs de la température ne s'entrecroisent pas comme chez l'homme (4). De dix-huit observations cliniques dans lesquelles des différences de température existaient sur les deux côtés du corps par suite de lésions cérébrales, Horsley signale comme étant la région dont l'affection produit ces symptômes une partie qu'il appelait provisoirement « the *corpus striatum* frontal plane of the hemisphere » ; plan allant à la surface de l'écorce en passant par la circonvolution frontale ascendante. Inversement, l'existence de lésions dans d'autres parties du cerveau n'était pas accompagnée de modifications thermiques du côté opposé du corps (5). Bartolomio Baculo a vu

(1) Isaac Ott. *Ein Wärmecentrum im Cerebrum*. Med. Centralbl., 1885, 755. — *The heat-centre in the brain*. Journ. of nerv. and mental disease, 1887. — *The thermo-inhibitory* Apparatus, by I. Ott and Ch. Collmar. Ibid., 1887. — *The thermo-polypnoeic centre and thermotaxis*. Ibid., 1889. — *Heat centres in man*. Brain, 1889. — *The function of tuber cinereum*. Journ. of nerv. and mental dis., 1891. — *Vaso-tonic centres in the thalami*. Ibid., 1891. — *The inter-brain : its relations to thermotaxis polypnoea, vaso-dilatation and convulsive action*. Ibid., 1891.

(2) C. S. Sherrington and C. S. Roy. *On the regulation of the blood-supply of the brain*. Journ. of Physiol., 1890, XI.

(3) Kaiser. *Ueber eine halbseitige vasomotorische Störung cerebralen Ursprungs*, 1895. Neurol. Centralbl.

(4) W. Hale White. *Report on the influence on the bodily temperature of lesions of the corpus striatum and optic thalamus*. The Brit. med. Journ., 1889. Cf. Lancet, 1889.

(5) Horsley. *Clinical observations during the past seven years on the value of differences observed in the temperature of the two sides of the body as symptomatic of cerebral Lesions*. The Brit. med. Journ., 1889, p. 1406.

une lésion des régions postérieure ou moyenne du *thalamus* déterminer une élévation générale de la température, en particulier des extrémités antérieures. L'hyperthermie affectait au contraire les extrémités postérieures dans le cas de lésion des *tubercules quadrijumeaux antérieurs* (1).

Enfin, il ressort des recherches expérimentales instituées par SAKOWITSCH sur le *tuber cinereum*, qu'une piqûre de cette partie du diencéphale détermine une élévation de la température, tant interne que périphérique, de l'animal ; elle peut atteindre quelquefois 43°, six heures après ce traumatisme. En outre on observe une accélération de la respiration. Dans un cas où la région antérieure de la *couche optique* avait été lésée, la température tomba à 22°. Dans la discussion qui suivit, BECHTEREW exprima le vœu que, dans la suite de ses expériences, SAKOWITSCH appliquât l'électricité à la stimulation du *tuber cinereum* (2).

Outre la FA, le corps strié, le *globus pallidus*, le *thalamus* et la capsule interne, etc., et les diverses régions de l'encéphale qui ont été signalées, des effets vaso-moteurs ont été notés dans l'excitation des *pédoncules cérébraux* (BUDGE), de la partie latérale de la *calotte* (OWSJANIKOW), du *pont de Varole* (TSCHESCHICHIN), de l'*olive supérieure* (DITTMAR). HELWEG a même supposé que l'*olive supérieure* était peut-être le centre réflexe commun de tous les nerfs vaso-moteurs du corps, au moins des parties externes (3).

Revenant aux expériences d'EULENBURG et LANDOIS, SCHÜLLER a cherché dans ces derniers temps à déterminer, au moyen de l'observation clinique, un centre thermique cortical sur la région postérieure de la deuxième circonvolution frontale (F_2) : la destruction de cette région serait accompagnée d'une élévation de la température de toute la moitié opposée du corps, et non pas seulement, comme chez les animaux, des extrémités. Mais un bon juge, OPPENHEIM, a témoigné ne pas connaître de fait en faveur de cette hypothèse, au moins dans les tumeurs du lobe frontal (4).

Quant à l'influence de l'écorce et des ganglions de la base sur l'activité du cœur, l'effet le plus net, obtenu au cours des expériences de W. BECHTEREW et de MISLAWSKI, consista, après excitation de l'aire motrice de l'écorce cérébrale, dans une accélération notable du pouls, et cela aussi

---

(1) *I centri termici.* Istituto di patologia gen. dell' Univ. Napoli, 1890.

(2) Wissensch. Versamml. der Aerzte der St. Petersb. Klinik f. Nerv. u. Geisteskr. Sitz. v. 26 sept. 1896. — Neurol. Centralbl., 1897, 520-1. — SAKOWITSCH. *Ueber den Einfluss des Tuber cinerei auf die Temperatur der Thiere.*

(3) HELWEG. *Studien über den centralen Verlauf der vasomotorischen Nervenbahnen.* Arch. f. Psych., 1888, XIX. Ce travail est une des études cliniques et anatomo-pathologiques les plus remarquables qu'il y ait dans la science.

(4) SCHÜLLER. *Ueber Temperaturdifferenzen beider Körperhälften in Folge von bestimmsten Verlezungen des Gehirns.* Aerztl. Centralanzeiger. Wien, 1894.

bien lorsque, le gyrus sigmoïde étant stimulé en arrière ou en avant du *sulcus cruciatus,* la pression était élevée ou abaissée. Les autres territoires corticaux n'ont point répondu à l'excitation par des réactions de cet ordre. Dans quelques expériences, après une période d'accélération, on observa quelquefois une période de ralentissement du pouls, mais non d'une façon constante. De nouvelles recherches persuadèrent les auteurs qu'en excitant l'écorce des régions antérieures on provoque, outre l'accélération ordinaire du pouls, un ralentissement plus ou moins sensible des pulsations, primitif ou secondaire. La section du nerf vague eut naturellement pour effet d'abolir complètement l'action d'arrêt que l'excitation corticale détermine sur l'activité cardiaque. Il n'importe, on le conçoit, que cette excitation soit expérimentale ou volontaire. L'observation suivante, due à Tarchanoff, le prouve d'abondance. Un jeune homme, n'offrant rien d'anormal qu'une hyperexcitabilité du système nerveux, possédait la faculté d'accélérer volontairement la fréquence de son pouls en faisant un effort analogue à ceux qui sont nécessaires pour la contraction des autres muscles de l'économie. Et en effet ce sujet possédait un pouvoir du même genre sur d'autres muscles et groupes musculaires déterminés qui d'ordinaire ne sont pas soumis à l'innervation volontaire. Tels les muscles du pavillon de l'oreille. L'accélération volontaire du pouls atteignait 20 à 35 pulsations par minute. Il s'agissait probablement dans ce cas, estime Tarchanoff, d'une « anormale facilité de conduction existant entre les centres corticaux volontaires et l'appareil nerveux excito-moteur du cœur (1) ».

Après ablation des différentes couches du cortex, Bechterew et Mislawski ont vu l'excitation directe d'un point déterminé de la *substance blanche,* dans la région antérieure de la *couronne rayonnante,* correspondant au siège de la circonvolution centrale antérieure (FA), produire non seulement un ralentissement extrême du pouls, mais, avec une durée d'excitation suffisante, un *arrêt complet du cœur en diastole*. L'effet est donc le même que si l'on excitait le bout périphérique du nerf vague. La stimulation des territoires antérieur et postérieur de la couronne rayonnante détermine une élévation plus ou moins considérable de la pression ; mais elle n'est accompagnée d'aucune influence appréciable sur l'activité cardiaque. Un effet tout à fait analogue à celui qu'avaient obtenu ces auteurs en stimulant la région du territoire de la couronne rayonnante correspondant à FA, résulte de l'excitation de la portion externe de la *couche optique*: l'application sur ce point d'un courant de faible intensité détermina un

---

(1) Tarchanoff. *Ein Fall willkürlicher Beschleunigung der Herzaction*, 1883. Neurol. Centralbl., 1884, 12-13.

arrêt complet du cœur en diastole précédé d'un ralentissement progressif des pulsations. Rien n'est donc mieux établi que l'influence d'arrêt qu'exercent ces parties de l'encéphale sur l'activité du cœur. « Nos recherches démontrent, écrivent ces savants russes, que, dans l'écorce des hémisphères cérébraux, outre les voies nerveuses influençant ou modérant la *pression sanguine*, il y en a aussi qui agissent sur l'*activité du cœur* : l'une de ces voies nerveuses accélère cette activité, l'autre l'arrête. Les fibres de ces deux dernières voies sont surtout distribuées dans les régions antérieures des hémisphères. Celles qui inhibent l'activité cardiaque passent dans la substance blanche des hémisphères réunies en un faisceau descendant dans la portion antérieure de la couronne rayonnante (1). » L'action analogue qu'exerce sur l'activité du cœur la *couche optique* permet de croire que ce faisceau fait partie de la radiation cortico-thalamique et que l'influence d'arrêt partie de l'écorce des hémisphères du télencéphale atteint le cœur en passant par le *thalamus*.

Nous ne rappelons que pour mémoire les hypothèses sur le « sens de la température » et sur sa différenciation ou « dualité » en sens du froid et du chaud ; sur les points cutanés du froid, du chaud et de la pression (BLIX, EULENBURG, GOLDSCHEIDER) (2) ; sur la conduction isolée des impressions du chaud et du froid dans la moelle épinière et sur leurs centres également distincts de perception dans le cerveau (HERZEN) (3). Dans un cas clinique où la sensation de la douleur et celle de la chaleur étant conservées, celles du contact et du froid étaient abolies, les cordons postérieurs étaient lésés, la substance grise centrale intacte. De cette observation, ainsi que d'une série d'expériences instituées sur l'homme sain et sur l'homme malade, d'où il ressortait que la sensation du froid pathologiquement ou expérimentalement abolie, le sens de la chaleur était le plus souvent conservé, le physiologiste de Lausanne avait cru pouvoir conclure que non seulement le sens de la température était constitué par deux sens, le sens du froid et le sens du chaud, mais que, anatomiquement comme physiologiquement, ils demeuraient indépendants. Le premier passait, avec les sensations tactiles, dans les cordons postérieurs de la moelle épinière, et les sensations de froid étaient, comme celles du toucher, perçues dans la même région du cerveau, contenant le centre ou les con-

---

(1) BECHTEREW et MISLAWSKI. *Ueber den Einfluss der centralen Gehirntheile auf den Blutdruck und die Herzthätigkeit*. Neurol. Centralbl., 1886, 193-5.

(2) A. GOLDSCHEIDER. *Zur Dualität des Temperatursinns*. Arch. f. die ges. Phys., 1886. — *Eine neue Methode der Temperatursinnprüfung*. Ibid., 1887, etc.

(3) A. HERZEN. *Ueber die Spaltung des Temperatursinns in zwei gesonderte Sinne*. Vers. d. deutschen Naturf. u. Aerzte in Strassb., 1885.

ducteurs nerveux conduisant au centre (Schiff), de ces sensations (gyrus sigmoïde). Les impressions du sens de la chaleur passaient, avec celles de la douleur, dans la substance grise centrale de la moelle épinière. Goldscheider était convaincu au contraire que les « nerfs de la chaleur » passaient avec « les nerfs du froid » dans les cordons postérieurs. Ni dans ses expériences (compression des troncs nerveux, anesthésiques locaux) ni dans ses observations cliniques (tabétiques, etc.), il n'a pu établir l'existence de rapports constants entre la production ou l'abolition des sensations de chaleur et de douleur, d'une part, de froid et de sensibilité tactile, d'autre part. « Le fait de l'abolition absolue de la sensibilité thermique (sens du *froid* et sens du *chaud*) avec conservation, quoiqu'à un degré inférieur, de la sensibilité à la *pression* et à la *douleur*, est manifeste sur toutes les parties du corps, là même où le sens de la température est le plus développé ».

Dans son mémoire sur les *organes centraux des sensations de température* (1), Max Dessoir estime que le centre de ces sensations doit vraisemblablement se trouver localisé dans une même région de l'écorce. Les observations de Herzen, qui avait situé dans le gyrus sigmoïde les sensations de tact et de froid, mais non celles de chaleur, n'ont pas plus convaincu Dessoir que les considérations de ce physiologiste sur la nature du sens de la température. Les expériences de Dessoir ont été faites dans le laboratoire de Munk, sur des chiens dont la région des extrémités avait été extirpée par Munk lui-même. C'est bien à cette région de l'écorce que lui semblent reliées, comme l'a établi Munk, les sensations de pression des extrémités : les sensations de douleur ne le sont que pour le principal. Quant aux perceptions de température, du froid comme du chaud, des extrémités correspondantes, elles dépendent de cette même région des extrémités. Son ablation entraîne la perte du sens de la température. Dans une longue observation de 17 mois, la sensibilité thermique n'a pas reparu sur les extrémités dont les centres corticaux avaient été extirpés. Ce fait s'accorde avec ce qu'a constaté Goltz dans les ablations partielles du cerveau du chien. Il est vrai qu'il a cru voir réagir aux stimuli thermiques le chien sans cerveau, conservé 18 mois en vie. Mais Max Dessoir conteste que ce chien ait réagi véritablement à une sensation de température : il ne s'agissait que d'un simple réflexe commun.

Thermométrie cérébrale. — Les derniers travaux d'Angelo Mosso sur les rapports de la température et de la circulation du cerveau avec les

(1) *Ueber die centralen Organe für die Temperaturempfindungen der Extremitäten.* Du Bois-Reymond's Arch., 1893, 523-35.

fonctions psychiques de cet organe n'ont point au fond modifié les idées qu'on s'était faites depuis SCHIFF, et d'après les travaux de Mosso lui-même, sur la nature et les conditions de la pensée. Car c'est bien des rapports entre la circulation du sang dans le cerveau et les processus psychiques qu'il s'agissait d'abord dans les expériences classiques de l'éminent physiologiste de Turin. A l'aide du pléthysmographe, il avait établi que sous l'influence de sensations ou d'émotions, dans l'attention, bref, dans l'activité cérébrale, une contraction des vaisseaux sanguins se produit à la périphérie du corps : le pied ou l'avant-bras, dont le pouls devient plus fréquent et plus petit, diminuent de volume, tandis qu'augmente le volume du cerveau, c'est-à-dire que ses vaisseaux se dilatent, par suite d'un afflux plus considérable de sang. On en avait conclu qu'il n'en va pas autrement pour le cerveau qui travaille que pour le muscle qui se contracte ou pour la glande qui fonctionne : la circulation y est plus rapide et le sang y afflue en plus grande abondance. GLEY avait montré de son côté que l'influence vaso-motrice à laquelle était due cette suractivité de la circulation cérébrale résultait elle-même du degré d'excitation des cellules nerveuses réagissant sur l'innervation vaso-motrice des artères carotides pour les dilater : ces artères recevant alors une plus grande quantité de sang déterminent, par le canal des artérioles et des capillaires, également dilatés, une irrigation sanguine plus active de la substance grise du cerveau. La circulation éveille et entretient l'activité du cerveau, mais les fonctions de cet organe, les sensations, les émotions et les associations d'images, etc., modifient à chaque instant, à leur tour, la vitesse et l'ampleur des courants sanguins.

Les sensations et les perceptions, les émotions et les sentiments, les idées et les jugements, voire les états simples de sommeil ou de veille, apparaissent alors comme la condition bien plutôt que comme l'effet des variations de la circulation cérébrale, encore que la possibilité d'une étiologie inverse des processus psychiques nous semble toujours pouvoir être maintenue dans certains états du cerveau, en particulier dans nombre de cas pathologiques. Un foyer de ramollissement, une plaque de méningo-encéphalite, un semis de granulations tuberculeuses, un foyer de sclérose, etc., dans la région rolandique de l'écorce cérébrale, lésions destructives ou lésions irritatives, produiront soit de l'hémiplégie, soit de l'hémichorée, de l'hémiathétose, de l'épilepsie partielle, etc., dans les parties des extrémités dont les neurones centraux, avec leurs prolongements et leurs connexions, seront ou détruits, ou dégénérés, ou atrophiés ; c'est bien l'épine enfoncée dans les tissus qui déterminerait ici les réactions fonctionnelles de l'écorce ; et il en est ainsi dans les lésions fonctionnelles aussi, dans l'anémie ou l'hyperhémie corticales dues à un spasme ou à

une paralysie des artères de l'encéphale, avec les troubles de la motilité ou de la sensibilité consécutifs, les hallucinations, obsessions, impulsions, idées fixes, l'aboulie et l'anorexie hystériques, etc.

Les conclusions auxquelles était arrivé Schiff sur les rapports de l'échauffement des centres nerveux avec l'activité psychique peuvent être formulées ainsi : I. Chez un animal jouissant de l'intégrité des centres nerveux, toutes les impressions sensibles sont conduites jusqu'aux hémisphères cérébraux et y produisent une élévation de température par le seul fait de leur transmission ; II. L'activité psychique, indépendamment des impressions sensitives qui la mettent en jeu, est liée à une production de chaleur dans les centres nerveux, chaleur quantitativement supérieure à celle qu'engendrent les simples impressions des sens. Rappelant ses propres expériences, qui ont porté sur des chiens et sur des oiseaux, Schiff ajoutait : « De toutes nos conclusions, la plus importante, à notre sens, est celle qui établit un rapport direct entre le développement de chaleur dans le cerveau et l'activité intellectuelle (1). »

Ce fut J.-S. Lombard, de Boston, qui chercha le premier à déterminer, chez l'homme, la température du cerveau par l'application de piles thermo-électriques sur la tête (1866). Schiff (1867), Paul Bert (1879), Corso (1881), Tanzi et Musso (1888) instituèrent de nouvelles recherches thermo-électriques sur l'équivalent thermique de l'activité cérébrale. Quant aux physiologistes qui, pour ces recherches, se sont servis du thermomètre à mercure, il nous suffira de citer Broca, Seppilli et Maragliano, Amidon, Bianchi, Montefusco et Bifulco : tous ces auteurs avaient noté que la température de la tête augmente avec le travail cérébral (travail intellectuel, émotions, mouvements volontaires). Malheureusement l'accord est loin d'exister sur la signification qu'il convient d'attribuer à cette élévation de température de la tête. Ces variations de la température épicrânienne ne paraissent pas correspondre à celles du cerveau. Outre les critiques de François Franck et de Schiff, celles d'Istamonoff ont bien montré que les mesures de température prises extérieurement sur la tête n'ont pas de valeur pour l'étude des variations thermiques du cerveau : le thermomètre, dans ces conditions, n'indique que l'état de la circulation de la peau, même s'il est introduit profondément dans le conduit auditif externe. Une autre cause d'erreur tout à fait grave, c'est que les vaisseaux sanguins de la peau se comportent autrement que ceux du cerveau.

Les recherches thermo-électriques de Tanzi sur les variations thermiques du cerveau pendant les états émotifs ne continuèrent pas seulement celles de Schiff : elles menèrent plus loin, et, entre autres voies nouvelles, elles parurent bien avoir ouvert celle qui relie directement la psychologie, la science des fonctions du système nerveux, aux sciences physico-chimiques.

Depuis Lavoisier, la physiologie enseigne que la pensée est une

(1) Moritz Schiff. *Recherches sur l'échauffement des nerfs et des centres nerveux à la suite des irritations sensorielles et sensitives.* Arch. de physiol. norm. et pathol., 1869-1870.

transformation de l'énergie, c'est-à-dire une forme spéciale de l'énergie, comme le mouvement, la chaleur et l'électricité. « On pourrait évaluer, avait écrit LAVOISIER, ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces efforts, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport, de les comparer à ce que fait l'homme de peine. » La pensée comme le mouvement musculaire sont des effets de l'action chimique. Bref, ainsi qu'aime à le rappeler avec les plus grands physiologistes CHARLES RICHET, l'être vivant est une « machine à force chimique » : « Les phénomènes de la vie sont des phénomènes physiques et chimiques; LAVOISIER l'a établi; MAGENDIE, W. EDWARDS, JEAN MÜLLER, HELMHOLTZ, CLAUDE BERNARD l'ont répété après LAVOISIER. La physiologie est un chapitre de la physique et de la chimie (1) ». La pensée est donc un phénomène chimique, et, si elle est un phénomène chimique, elle est soumise au principe de la conservation et de la transformation de l'énergie. Les phénomènes psychiques ont donc un équivalent mécanique, physique, chimique : l'animal qui pense perd une partie de son énergie.

Un éminent chimiste, ARMAND GAUTIER, a fait à cette théorie l'objection suivante : — Il faudrait montrer, ou bien que les phénomènes psychiques ne peuvent apparaître qu'en faisant disparaître une quantité proportionnelle de l'énergie, cinétique ou potentielle, ou tout au moins qu'ils se transforment en mouvement, chaleur, électricité, etc. L'observation a justement établi le contraire : témoin les expériences de SCHIFF sur l'échauffement des nerfs et des centres nerveux à la suite des irritations sensitives, sensorielles et psychiques ; les expériences de SCHIFF prouvent que le cerveau *s'échauffe* lorsqu'il reçoit et élabore les impressions d'origine externe qui suscitent la pensée. Or, dans l'hypothèse d'une transformation d'une partie de l'énergie calorique ou électrique en pensée, « le cerveau devrait *se refroidir*, ou son potentiel électrique baisser, ou bien la consommation de ses réserves produire une moindre température qu'à l'état normal ». C'est donc une erreur de donner précisément comme une preuve indirecte de l'équivalence mécanique de la pensée, l'élévation de la température et l'augmentation des déchets chimiques qui accompagnent le travail cérébral. Ainsi il faut admettre, concluait ARMAND GAUTIER, que « la sensation, la pensée, le travail d'esprit n'ont point d'équivalent méca-

(1) CHARLES RICHET. *La physiologie et la médecine*. Leçon d'ouverture du cours de physiologie. Paris, 1888, p. 16. Cf. *Le Travail psychique et la Force chimique*. Rev. scientif., XII, 788 ; *La Pensée et le Travail chimique*, Ibid., XIII, 83.

nique, c'est-à-dire qu'ils ne dépensent point d'énergie. Ils ne sont point, à proprement parler, un *travail*, un produit de l'énergie mécanique ou chimique. Ils sont encore moins une force, car s'ils ne font point disparaître d'énergie en se produisant, ils n'en font point aussi apparaître. »

Des expériences faites par Béclard sur lui-même, à l'aide de thermomètres gradués en cinquantièmes de degré centigrade, prenant la température au travers des téguments, il résulte que la contraction musculaire statique, c'est-à-dire celle du muscle dont la puissance est maintenue en équilibre par une résistance qui n'est pas surmontée, développe toujours une quantité de chaleur supérieure à celle de la contraction musculaire dynamique, c'est-à-dire accompagnée d'effets mécaniques extérieurs, de travail utile ou positif (1). Béclard en tirait dès lors cette conclusion, que « la contraction musculaire n'est pas une source de chaleur à la manière dont les physiologistes le pensent, mais qu'il n'y a que la partie de la force *non utilisée* comme travail mécanique qui apparaisse sous forme de chaleur ». Ailleurs, Béclard note expressément que « *la quantité de chaleur qui disparaît du muscle quand il produit un travail mécanique extérieur correspond à l'effet mécanique produit.* La chaleur musculaire n'est que complémentaire du travail mécanique utile produit par la contraction. Quand l'animal est en mouvement, une partie des actions chimiques qui s'accomplissent dans les muscles a pour *équivalent* le *travail* effectué par ce mouvement ; le reste seul apparaît sous forme de chaleur. Par conséquent, à une même somme d'action chimique produite dans l'intérieur des muscles, répond un dégagement de chaleur moindre dans l'état de mouvement que dans l'état de repos. » Et Béclard, entrevoyant clairement toute la portée de sa découverte, ajoutait ces paroles qui en résument la haute philosophie : « Il s'agit de la transformation et de la corrélation des forces, l'une des plus grandes questions de la science moderne, et ces faits rattachent l'animal, par un nouvel anneau, à l'ensemble de l'univers. »

Comparé au phénomène de thermogenèse qui, par son intensité, le masquait presque, le phénomène d'absorption de chaleur résultant du travail positif du muscle se trouvait sans doute de valeur numérique minime ; mais il existait d'une façon appréciable : Béclard l'avait constaté dès 1860. Dans la phase dynamique de la contraction musculaire, dans la phase du travail positif, le muscle se refroidit. Le postulat d'Armand Gautier était donc déjà en partie vérifié par les faits. Dans leurs observations thermo-galvanométriques sur l'activité musculaire, Solger, Mayerstein, Thiry, Mosso ont vu, au début de la contraction, une légère déviation dans le sens du refroidissement. Les expériences de Fick, Marc Dufour et Herzen ont aussi accusé un léger refroidissement au début du travail positif du muscle. Laborde, étudiant les variations de la température dans le muscle actif, avait vu que la fibre musculaire, séparée de ses connexions nerveuses et circulatoires, possède un pouvoir propre de calorification dont la source ne peut être que dans les processus chimiques du tissu musculaire, lorsqu'il assista, dit-il, à un fait des plus remarquables : « Cinq minutes après la section du bulbe (chien), la mort générale étant réalisée, nous provoquons, à la façon de M. Ch. Richet, le tétanos électrique en faisant passer le courant maximum dans toute la longueur de la moelle : tout le corps de l'animal est violemment soulevé, ne tenant

---

(1) J. Béclard. *De la chaleur produite pendant le travail de la contraction musculaire.* C. R. de l'Acad. des Sciences, 1860, I, 471. Cf. Arch. génér. de médecine, XVII, 1861 ; Traité élémentaire de physiologie, 7e éd. Paris, 1880, I, 550-1 ; II, 69.

que par les attaches qui fixent l'extrémité des pattes, dont les muscles sont en tétanisation, de même que tous les muscles du corps. Pendant ce temps, la colonne du thermomètre intra-musculaire qui, avant l'expérience, marquait 39°,13, *descend* progressivement, et, vers la quarante-cinquième minute, a baissé de sept vingtièmes de degré. On cesse l'électrisation et nous voyons aussitôt la colonne remonter à 39°,16 et dépasser le chiffre initial. » Après quelques minutes de repos, répétition de l'expérience ; provocation d'un violent tétanos généralisé, mêmes effets de projection et de soulèvement du corps, et, cette fois encore, *abaissement immédiat et progressif de la température* de 39°,11 à 39°,7. L'électricité et ses effets cessent, et la température remonte à 39°,8-39°,18. Or cet abaissement initial de la température, correspondant exactement au mouvement de soulèvement du corps de l'animal, par l'effet de la contraction tétanique des muscles, représente la phase de travail utile, la *phase dynamique*; la *phase statique*, au contraire, ou d'énergie perdue, a toujours fait réapparaître la chaleur dans le muscle.

Il restait à démontrer que, pour le cerveau qui travaille, il n'en va pas autrement que pour le muscle actif; en d'autres termes, que le travail cérébral, psychique, ne détermine pas seulement une élévation de la température des centres nerveux dans la phase statique de leur activité, comme l'a établi Schiff, mais manifeste bien, au début de cette activité, dans la phase de travail, un refroidissement appréciable, ainsi que le postule Armand Gautier. En face des observations d'hyperthermie du cerveau en fonction se dressent en quelque sorte des observations d'hypothermie faites par Corso (1881), puis par Tanzi (1889). Tanzi montra, au cours d'expériences instituées dans le laboratoire de physiologie de Florence, sous la direction du professeur L. Luciani et avec l'aide de Dario Baldi, qu'en accordant une plus grande attention aux variations successives de la température durant le travail cérébral, on constatait l'existence de véritables oscillations thermiques alternantes de refroidissement et d'échauffement (1). Comme les variations thermiques observées ne dépendaient pas plus dans ces expériences que dans celles de Schiff de la circulation générale ou locale du cerveau, il ne restait qu'une hypothèse à faire : ces oscillations alternatives de refroidissement et d'échauffement avaient pour siège l'écorce cérébrale elle-même et pour condition immédiate le travail fonctionnel qui s'y effectue. Ces variations thermiques étaient les corrélatifs physiques des processus chimiques de désintégration et d'intégration qui s'y succèdent rapidement, à la manière d'une suite d'explosions nerveuses. Les refroidissements étaient dus à des processus de désintégration des centres nerveux, les échauffements à des processus d'intégration. L'hypothermie représentait le travail positif du

(1) Tanzi. *Ricerche termoelettriche sulla corteccia cerebrale in relazione con gli stati emotivi*. Reggio-Emilia, 1889.

cerveau, la mise en liberté de l'énergie actuelle; l'hyperthermie, la reconstitution organique en rapport avec la phase de repos, la réaccumulation compensatrice d'une nouvelle quantité d'énergie potentielle. Ces expériences de TANZI sur la température du cerveau actif étaient en parfait accord avec celles des physiologistes sur les oscillations thermiques du muscle en travail : le *refroidissement* du cerveau, pendant la phase du *travail positif*, correspondait à l'oscillation négative de la température qui accompagne le début de la contraction musculaire. Ne dépendant ni du rhythme respiratoire, ni du rhythme artériel, ces oscillations thermiques ne seraient en rapport qu'avec le rhythme de l'alternance des processus de désintégration et d'intégration du tissu nerveux. Ce rhythme se répéterait plusieurs fois dans chaque point actif de l'écorce ou se propagerait rapidement d'un groupe moléculaire aux groupes contigus. La rapidité avec laquelle les deux séries de phénomènes endothermiques et exothermiques se succèdent expliquerait pourquoi, en dépit de leur intensité, ils échappent à l'exploration thermométrique.

Dans une critique des travaux de CORSO et de TANZI, présentée par DORTA (1), mais inspirée par le Pr SCHIFF, dans le laboratoire duquel ces recherches ont été faites, il est dit expressément que « M. SCHIFF n'a jamais observé de telles oscillations ». Voici comment le phénomène des oscillations thermiques décrit par TANZI est interprété dans ce travail : « TANZI introduit sa soudure dans le crâne jusqu'au contact des méninges et la fixe aux os du crâne par un bouchon. Il est clair que, s'il a réussi dans sa manipulation, le cerveau, en s'abaissant dans le crâne, doit s'éloigner de l'aiguille, et, dans l'élévation produite soit par la respiration, soit par la circulation, s'en rapprocher » (p. 29). Ainsi, d'après cette interprétation, les mouvements du cerveau seraient la cause des oscillations thermiques.

Au lieu de piles thermo-électriques, ANGELO MOSSO, dans ses récentes études sur la température du cerveau, s'est servi exclusivement de thermomètres à mercure d'une extrême sensibilité, construits par BAUDIN, de Paris, dont la division permet de lire le 0°,002 d'un degré. Sur ces thermomètres, où l'on lit facilement à l'œil nu un centième de degré (0°,01), chaque degré est divisé en *cinquante* parties. Mosso se sert pour la lecture de fractions de degré plus petites d'une loupe construite avec une ou plusieurs lentilles, adaptée à un curseur qui glisse sur le tube du thermomètre. Un cinquantième de degré (1/50) pouvant ainsi être divisé en dix parties, on peut lire un 1/500 de degré. Quand l'immobilité de l'animal en expérience le permet (section de la moelle épinière, curare, anesthésiques, etc.), Mosso se sert du microscope pour lire les divisions du thermomètre (objectif LEITZ, n° 3 et un micromètre dans l'oculaire). L'oculaire micrométrique divise chaque cinquantième de degré en 49-50 parties : on peut donc noter jusqu'à 1/2.500 de degré. Ces thermomètres, à réservoir cylindrique très petit, ce dernier ne contenant que 4 grammes de mercure, peuvent être introduits dans les artères carotides, sous le crâne, entre les deux hémisphères, dans le cerveau. L'idée que l'activité des centres nerveux s'accompagne d'un dégagement

(1) DORTA. *Étude critique et expérimentale sur la température cérébrale à la suite d'irritations sensitives et sensorielles*. Genève, 1889.

de chaleur remonte, suivant Mosso, à deux découvertes de HELMHOLTZ et de LUDWIG : le premier démontra que le *muscle*, en se contractant, produit de la chaleur ; le second que, durant l'excitation du nerf lingual, la salive sortant de la *glande* sous-maxillaire est plus chaude que le sang artériel. C'est par une pente naturelle de l'esprit humain que, généralisant ces faits, on aurait tout d'abord admis que l'activité du cerveau et des nerfs doit aussi déterminer une élévation de la température dans les tissus de ces organes. On avance d'abord une hypothèse, on recherche ensuite si les faits sont ou non en accord avec elle. Il ne paraît pourtant pas que, jusqu'ici du moins, les faits soient contraires à l'hypothèse, et ces faits subsistent en effet, ainsi qu'on le verra, même avec la théorie des « conflagrations organiques » d'ANGELO MOSSO.

Le but hautement avoué que s'est proposé Mosso dans ses nouvelles études de thermométrie cérébrale, exécutées « avec un simple thermomètre à mercure », c'est bien, il le déclare lui-même, de « pénétrer plus avant dans la connaissance de la vie du cerveau ». Quel est l'*équivalent thermique* de la pensée ? Qu'il doive exister un *équivalent chimique* de la pensée, c'est ce qu'impliquent les expériences de Mosso, la production de *chaleur,* quelle qu'elle soit, qu'enregistre le thermomètre sous l'influence d'une émotion, d'un sentiment, d'une association d'images, de l'attention, etc., ne pouvant résulter que d'une transformation de l'*énergie chimique* du cerveau. On peut ainsi indiquer, en fraction de calorie, l'équivalent thermique d'un travail psychique, ce que G. POUCHET estimait une hypothèse sans preuves, alors qu'il demandait quel est « le calorimètre assez sensible pour accuser l'échauffement ou le refroidissement d'une masse aussi petite qu'un myélocyte de CH. ROBIN », élément de nature inconnue, et que POUCHET, par une pure « fantaisie anatomo-physiologique » (C. GOLGI), avait considéré comme le siège des « facultés conscientes ».

Dans l'étude de la température du cerveau, Mosso a constamment tenu compte de la température du sang artériel et de celle des autres organes du corps, tels que le rectum, le vagin, les muscles, etc. « Nous savons, dit-il, que notre corps est comme une confédération d'organes. La flamme de la vie ne brûle pas et ne nous consume pas avec la même intensité dans toutes les parties de notre organisme ; mais chaque organe a ses périodes d'activité et de repos. En établissant la comparaison avec la température du sang artériel, dans le voisinage du cœur, nous verrons se réchauffer davantage tantôt un organe et tantôt un autre. » En général, le cerveau est plus froid que le rectum et l'utérus ainsi que l'avaient constaté JOHN DAVY (1814), FICK (1853), MENDEL. Lorsque la production de chaleur est égale, en effet, dans le cerveau et dans les organes profonds de la cavité abdominale, le cerveau doit avoir une température inférieure, parce que sa masse étant plus petite il perd plus de chaleur par irradia-

tion : « La température d'un organe ne dépend pas seulement de la chaleur qu'il *produit* et de la chaleur qu'il *reçoit* du sang, mais encore et surtout de la chaleur qu'il *perd* par irradiation. » Or, cette déperdition est très active à travers le crâne (1). Et pourtant, en examinant les tracés de plus de soixante expériences faites sur des chiens, Mosso a trouvé que les cas sont fréquents où le cerveau est plus chaud que le rectum : « Par suite de *faits psychiques*, par l'action de substances excitantes et d'autres causes, il peut se produire un développement si considérable de chaleur que, malgré le refroidissement le plus actif auquel est soumis cet organe, sa température se maintienne, pendant plusieurs heures de suite, de 0°,20 à 0°,30 au-dessus de celle du rectum. » L'infériorité de la température du cerveau, comparativement à celle du sang artériel, Mosso ne l'a observée que dans le repos, pendant le sommeil et l'insensibilité. Mais *si le système nerveux est excité d'une manière quelconque, le cerveau devient plus chaud que le sang* et même que le rectum. L'application d'un courant induit ordinaire avec l'appareil de Du Bois Reymond élève la température du cerveau (Ch. V). Après une excitation avec un fort courant, pendant une minute, la température du cerveau monta, en douze minutes, de 1° au cours de l'attaque d'épilepsie. Quand les convulsions, qui furent très violentes, eurent cessé, le cerveau était plus chaud que le rectum de 0°,40. « Ces chiffres démontrent, ajoute Mosso, combien sont intenses les procédés chimiques qui ont lieu dans le cerveau dans un accès épileptique. » Sous l'influence du curare, qui empêche l'action des nerfs moteurs sur les muscles, le cerveau, malgré la chaleur qu'il perd par irradiation, peut conserver une température de 1°,60 supérieure à la température du sang qui l'arrose : il n'est donc plus permis de dire que les muscles soient par excellence le tissu thermogénétique. « Dans la topographie calorifique de l'organisme on doit assigner au cerveau une des premières places ». Les processus chimiques qui ont lieu dans le cerveau peuvent donc être très intenses. Le fait que le cerveau est plus chaud que les autres organes, par exemple dans l'empoisonnement par le curare, alors que, de par le phénomème physique de l'irradiation, il devrait être plus froid, démontre en toute évidence combien sont intenses les processus thermiques des cellules nerveuses du cerveau (p. 193, édit. [illegible]it.

(1) Angelo Mosso, *La temperatura del cervello*. Studi termometrici, Milano, 1894. V, ch. [illegible] II. J'ai sous les yeux l'édition allemande (*Die Temperatur des Gehirns*, Leipzig, 1894), qui est souvent plus explicite. Ce livre a conservé la forme analytique d'un protocole d'expériences : Mosso ne présente nulle part de conclusions générales. Cf. Croonian Lecture. *Les phénomènes psychiques et la température du cerveau*. Philos. Trans. of the R. Soc. of Lond., 1892, vol. 183, 299-300, London, 1893.

ital.). Pendant la veille, le développement de chaleur est, dans le cerveau, « très considérable et supérieur au développement de chaleur dans les muscles pendant le repos ». Dans le sommeil profond, quand l'animal est devenu insensible par l'action des anesthésiques, le cerveau peut au contraire devenir plus froid que le sang dans l'aorte. La température du cerveau est, dans l'été, généralement plus élevée que dans l'hiver. D'autre part, sous l'influence de causes agissant sur le système nerveux et dans les muscles, sans administration de substances toxiques, la température du cerveau peut s'élever de 39° à 42°,10 : c'est le plus haut degré de chaleur observé par Mosso dans le cerveau du chien. Chez l'homme aussi la thermogenèse cérébrale est considérable sous l'action des émotions. Dans sa *Croonian Lecture,* Angelo Mosso part encore de l'idée que tout organe qui fonctionne s'échauffe par l'effet de l'augmentation des processus chimiques et de l'accélération des échanges organiques dans les cellules. Mais si c'est là un fait établi pour les muscles et les glandes salivaires, même après le travail de Schiff il était encore permis, au sentiment de Mosso, de conserver des doutes à cet égard relativement au cerveau. C'est pour vérifier s'il existe réellement un développement de chaleur dans le cerveau de l'homme et des animaux durant l'activité psychique que Mosso a institué de nouvelles expériences.

Chez l'homme, où les fractures du crâne et les opérations de chirurgie cérébrale sont devenues si fréquentes, Mosso a souvent introduit le thermomètre entre la dure-mère et le crâne et quelquefois sous la dure-mère, entre les hémisphères, en contact avec les circonvolutions cérébrales. Chez les singes et les chiens, après ouverture du crâne au moyen du trépan, dans la région correspondant aux centres moteurs, Mosso fixait, dans l'ouverture ainsi pratiquée, un tube d'acier, terminé en pas de vis, servant à maintenir le thermomètre, puis il introduisait dans le tube cet instrument qui « pénétrait, à travers le cerveau, jusqu'à l'hémisphère opposé ». Il est permis de douter qu'un pareil procédé d'interroger le cerveau, « avec un simple thermomètre à mercure », n'ait pas des inconvénients beaucoup plus graves que celui où l'on emploie des piles thermo-électriques. Il s'agit bien d'une véritable dilacération de régions relativement étendues de l'écorce cérébrale; des milliers de neurones, avec des millions de prolongements cylindraxiles et protoplasmiques, allant au loin pour la plupart assurer des commissures et des associations, sont ainsi, sans parler des hémorragies, détruits d'un seul coup. Nous devons faire toutes nos réserves sur la valeur démonstrative de ce mode d'investigation du travail physiologique d'un organe qui n'est double, on le sait, qu'en apparence. Il est constant qu'en faisant pénétrer, à travers la substance cérébrale, un tube de verre, d'un hémisphère à l'autre, Mosso

perforait le cerveau, et que les lésions destructives et irritatives résultant de ce traumatisme subit, avec les hémorrhagies en nappes du cerveau et de ses enveloppes, ont dû avoir des effets incalculables sur le résultat des expériences. Ces réserves faites, nos critiques présentées sur le principe et les conséquences d'une pareille technique opératoire, critiques dont nous ne voyons pas que rien puisse tempérer la rigueur, si ce n'est le silence complet de l'auteur sur cet ordre de considérations, il faut reconnaître qu'aucune expérience sur le cerveau n'est à l'abri, dans une mesure plus ou moins grande, de réserves et d'objections de cette nature. La méthode clinique et anatomo-pathologique demeure, avec celle des dégénérescences, l'idéal de l'étude de l'activité du névraxe. Mais il s'agit ici de physiologie expérimentale. Aucune science, d'ailleurs, n'a plus contribué que cette discipline aux grandes découvertes qui, par les travaux de Fritsch et Hitzig, de David Ferrier, de Hermann Munk et de Luciani, ont renouvelé en notre siècle toute la connaissance humaine sur la nature et sur le mécanisme des fonctions du cerveau.

Mosso a constaté, nous l'avons rappelé, que, dans l'état de *veille*, la thermogenèse cérébrale est relativement « très considérable », supérieure même au développement de chaleur dans le muscle au repos. L'*état de conscience*, alors même qu'il n'y a point de travail psychique très intense, exige donc, c'est une conclusion fort importante de ce savant, un métabolisme très actif dans les cellules nerveuses du cerveau. En général, c'est bien sous cet aspect que les expériences de Mosso sur les rapports des phénomènes psychiques et de la température du cerveau ont été tout d'abord envisagées et comprises en Angleterre aussi bien que dans le reste de l'Europe.

« Dans sa *Croonian Lecture*, ont écrit Léonard Hill et D. N. Nabarro, Mosso a rapporté des expériences à l'effet de prouver que le cerveau est un siège de combustion active. Par une longue série d'observations thermométriques publiées dans sa récente monographie (*Die Temperatur des Gehirns*, Leipzig, 1894), il est arrivé à la conclusion que la température du cerveau est fréquemment plus élevée que celle du rectum ou même que celle du sang de l'aorte. Il a trouvé en outre que la température du cerveau s'élève encore davantage lorsque l'organe est stimulé à l'activité soit par excitation directe, soit par des substances toxiques (1). » Or cette chaleur endogène du cerveau, si considérable, dérive toute, ainsi que l'admet Mosso, de l'activité des cellules nerveuses constituant la mince couche de substance grise de l'écorce : c'est d'elle que peut se dégager une chaleur suffisante pour élever

---

(1) L. Hill and D.-N. Nabarro. *On the Exchange of blood-gases in Brain and Muscle during states of rest and of activity*. (From the physiol. Labor. of Univ. College, London). Journ. of physiology, XVIII, 1895, 218-229. Cf. Proceed. of the physiol. Soc., 1895. Ibid., XVII, 1894-1895, XX-XXIII.

la température de l'encéphale tout entier au-dessus de celle de ce sang artériel qui sans cesse l'irrigue. « Ce que soutient Mosso, disent ces physiologistes anglais, c'est que la mince couche corticale du cerveau du chien est douée d'un métabolisme si actif qu'elle est capable de produire une chaleur suffisante pour élever la température du cerveau au-dessus de celle du sang venu de l'aorte et distribué par les capillaires. » S'il en est ainsi, et si l'on tient compte de la quantité de sang qui traverse le cerveau en un temps donné, il est clair que la thermogenèse de cet organe est, en effet, considérable. Mais ces auteurs, ayant été frappés du fait que le sang qui sort des sinus veineux du pressoir d'Hérophile (*torcular Herophili*), lorsqu'il a été ouvert, présente une couleur moins veineuse que le sang qui sort de la veine fémorale, instituèrent des analyses comparées des gaz du sang de l'*artère carotide*, du *pressoir* d'Hérophile et de la *veine fémorale*. Les conclusions de Mosso semblaient en effet entièrement opposées à l'observation notée par ces auteurs, et ce fut la raison qui les engagea à étudier les échanges relatifs aux gaz du sang dans le cerveau et dans les muscles. A cet effet, après avoir réalisé chez des chiens des états de repos ou d'activité cérébrale et musculaire au moyen d'injections intra-veineuses de morphine et d'essence d'absinthe, des échantillons de sang furent prélevés sur le sang des artères et des veines énumérées dans les états de repos, de convulsions toniques et de convulsions cloniques. Que l'attaque d'épilepsie fût provoquée par l'administration de l'absinthe ou par l'excitation électrique de l'écorce, les auteurs ont naturellement constaté, disent-ils, « un effet énorme sur la circulation cérébrale et sur la distribution générale du sang dans tout le corps. De même pour l'injection de strychnine ». Ils rappellent que c'est bien à ces méthodes qu'a recouru Mosso pour « déterminer des élévations de température dans le cerveau durant l'activité de cet organe ». Leurs expériences, toutefois, n'ont pas confirmé celles du physiologiste italien touchant la formation de la chaleur dans le cerveau. Ils nient que cet organe soit le siège d'un métabolisme aussi actif que l'admet Mosso. Hill et Nabarro ont formulé ainsi les conclusions de leurs investigations sur ce sujet :

1° A l'état de repos et dans la narcose morphinique, le métabolisme du muscle, mesuré par les échanges gazeux, est beaucoup plus grand que celui du cerveau à l'état de repos, ainsi que l'indique ce résumé de toutes les expériences dans l'état de repos et de narcose, les chiffres représentant les moyennes de cinquante-deux échantillons de sang artériel de la carotide, de quarante-deux échantillons de sang veineux du cerveau, provenant du pressoir d'Hérophile, et de vingt-huit échantillons de la veine fémorale :

	Artère carotide.	Pressoir d'Hérophile.	Veine fémorale.
CO_2	37,64 o/o	41,65 o/o	45,75 o/o
O	18,25 o/o	13,49 o/o	6,34 o/o

2° Les échanges dans les muscles augmentent considérablement dans l'état d'activité. Tandis, par exemple, que le sang de la veine fémorale, chez l'animal au repos, contient 7,59 pour 100 O, cette quantité descend et tombe à 1,79 pour 100 O chez l'animal durant les convulsions ;

3° Les échanges du cerveau au cours d'une attaque d'épilepsie sont bien quelque peu augmentés, mais non d'une manière constante.

En somme, comparé aux muscles, le cerveau n'est pas, pour ces auteurs, comme il l'est pour Mosso, « un siège d'active combustion », et, en considérant « la très petite augmentation de CO_2 dans le sang du pressoir d'Hérophile, il leur paraît très improbable que la température du cerveau doive être sensiblement plus grande que celle du sang. Le métabolisme des muscles est, dans l'état de repos, deux ou trois fois aussi grand que celui du cerveau ; il augmente énormément dans les stades toniques et cloniques des convulsions ».

Il importe bien de distinguer, dans les nouvelles expériences de Mosso, ce qui, dans l'échauffement du cerveau, revient aux échanges organiques et aux fonctions psychiques proprement dites. Dans les organes, Mosso distingue une double source de chaleur : 1° celle qui est due à leur activité spécifique, par exemple, dans le cerveau, à l'activité spécifique des cellules nerveuses ; 2° celle qui résulte des phénomènes d'échanges organiques ou de métabolisme qui ont lieu dans les cellules pendant le repos de l'organe, partant indépendamment des fonctions propres de cet organe, ici du cerveau. Des changements de température ont donc lieu dans les organes qu'on ne peut attribuer à une activité fonctionnelle plus grande de ces organes. Mosso appelle *conflagrations organiques* dans le cerveau ces processus d'activité thermique qui ne correspondent pas à des périodes d'activité psychique proprement dite, c'est-à-dire à des réveils d'images mentales ou à des productions de mouvements d'origine corticale : ce sont des phénomènes d'échanges organiques, indépendants des fonctions spécifiques des organes. Dans le cerveau, ils se manifesteraient avec beaucoup plus d'intensité que dans aucun autre organe. Ces conflagrations sont produites par tout ce qui exalte l'excitabilité du cerveau, et elles éclatent d'autant plus facilement que cette excitabilité est plus grande, comme dans l'épilepsie. « Nous devons admettre, dit Mosso, qu'il existe dans le cerveau des provisions d'énergie chimique aux dépens desquelles cet organe peut s'échauffer en dehors de ses fonctions spécifiques, c'est-à-dire psychiques. Si, en altérant la fonction psychique du cerveau par l'anémie et l'ischémie, voire en l'abolissant complètement dans la mort par l'asphyxie, le cerveau continue de produire de la chaleur, ainsi qu'on le constate, force est de reconnaître que, dans ces cas, puisque la conscience est évanouie, le développement de chaleur dépend d'autres causes que des processus physiologiques de la pensée et du mouvement » (*Die Temperatur des Gehirns*, p. 97). Quand le sommeil paraît avoir atteint sa plus grande profondeur, il se produit une élévation de la température du cerveau d'environ 0°,20, celle du rectum ne se modifiant que très peu : cette forte montée de la température, c'est ce que Mosso appelle *conflagration organique*, non pour indiquer la nature intime du phénomène chimique, mais pour caractériser simplement ces puissantes oscillations thermiques dans la vie organique du cerveau, dont les causes et les conditions sont encore inconnues. Quant au sommeil, considéré comme phénomène psychique, il n'apporterait aucune modification essentielle dans la température du cerveau. Le réveil avait lieu sans que celle-ci fût modifiée : « On peut dire que les processus qui produisent et font cesser le sommeil ne sont point capables de déterminer une quantité appréciable de chaleur » (*Ibid.*, p. 177). Et Mosso rappelle la facilité avec laquelle on

s'endort et on se réveille, pour se rendormir encore, la rapidité avec laquelle, lorsqu'on est assoupi, on revient à la conscience au plus léger bruit ; il voit dans cette facilité et dans cette rapidité avec lesquelles fonctionne le mécanisme du sommeil, une preuve que ce phénomène ne modifie pas la température du cerveau. Ces distinctions entre les échanges organiques et les fonctions spécifiques des organes ne nous semblent pas trop subtiles, et sont sans doute fondées. Dans la vie des neurones aussi, nous distinguons les états et les actions trophiques des activités fonctionnelles. Mais on doit bien prendre garde que, toutes les fois que Mosso parle de quantité de chaleur peu ou point appréciable, il ne parle pas, et il n'a point le droit de parler, de quantité nulle. On peut toujours en appeler, en effet, d'un instrument moins parfait à un instrument plus parfait, alors même que les conditions de l'expérience, je veux dire de l'enquête, seraient irréprochables, et qu'avant de se préparer à enregistrer la réponse, on aurait la certitude que la question a été clairement posée, et qu'elle a été entendue, ce qui n'arrive pas souvent, selon toute apparence.

Dans la *Croonian Lecture,* Mosso témoignait que l'augmentation de 0°,01 était l'élévation de température du cerveau la plus haute qu'il ait observée chez le chien en suite d'une excitation psychique (appel du nom de l'animal). Le plus souvent, même dans les conditions les plus favorables, il n'avait pu surprendre aucun changement de ce genre. Aussi les variations thermiques dues à des phénomènes psychiques lui paraissaient-elles déjà « très légères », et, tout en maintenant la distinction des processus de conflagration organique et de fonctionnement spécifique, il lui semblait difficile de déterminer, dans l'état de veille, durant l'activité du cerveau, « le degré d'influence qu'un simple changement dans l'activité cérébrale, ou même la douleur, peut exercer sur la température du cerveau. » Et cela d'autant plus que la température d'un organe peut croître et diminuer d'une manière indépendante du travail spécifique de cet organe. « Dans la vie des cellules nerveuses, disait-il, à côté des fonctions de l'âme, subsistent d'autres fonctions trophiques de nutrition ou de désagrégation qui donnent lieu à un développement très considérable de chaleur. La quantité de chaleur due aux procédés psychiques est presque négligeable, ajoutait-il, comparativement à celle qui est produite dans les centres nerveux par l'effet de la cocaïne ou de la strychnine. »

Que les phénomènes de thermogenèse cérébrale les plus intenses ne correspondent pas à l'activité de la vie psychique du cerveau, à l'évocation des représentations ou à la détermination des mouvements volontaires ou provoqués, ce n'est point, on en conviendra, une raison suffisante pour appeler « presque négligeable », même comparativement, aucun phénomène d'accompagnement d'une fonction quelconque de l'organisme végétal

ou animal, fût-ce celle de la pensée et de l'intelligence. Nous n'insistons pas, car aucune tête philosophique, aucun savant par conséquent, et ANGELO Mosso moins que personne, ne saurait croire qu'une quantité puisse être appelée grande ou petite. Qui peut dire à quel équivalent chimique des combinaisons si extraordinairement complexes et instables du protoplasma vivant des neurones d'une écorce cérébrale correspond un millième de degré centigrade ? Or, ce que nous cherchons, dans ces études de thermogénie cérébrale, c'est comment on peut continuer à se convaincre de l'existence d'un équivalent chimique, physique et mécanique de la pensée, qu'implique de nécessité tout équivalent thermique des processus psychiques.

Après avoir fait cet aveu d'ignorance, que nous répétons tous, savants ou ignorants, d'un cœur humble et résigné, sur l'origine et la nature de n'importe quel objet de la connaissance humaine, c'est, ne l'oublions pas, Mosso qui a écrit ces paroles : « Il est permis de supposer que la pensée est un mode de mouvement, puisqu'aujourd'hui la science démontre que tous les phénomènes intimement connus se réduisent à un mode vibratoire des atomes, à un changement de situation des molécules. » Les fonctions psychiques sont des fonctions de la vie ; ce sont des faits naturels, « expression de l'activité et des transformations qui ont lieu dans le cerveau ». Or, « tous les phénomènes qui se passent dans la nature doivent avoir une cause, et la cause doit être égale à l'effet. Si l'on demande à un physiologiste une preuve irréfutable de la non-existence, dans le cerveau, d'une force immatérielle, il ne peut la donner ; mais, en jugeant par analogie, en rapprochant les phénomènes cérébraux de tous les autres phénomènes naturels, il se voit contraint d'admettre que *le cerveau, lui aussi, est soumis à la loi de la conservation de l'énergie*. La probabilité est même si grande qu'elle touche de bien près à la certitude. La physiologie a pour objectif de déterminer comment un phénomène se reproduit d'une manière constante, toutes conditions étant égales, que ce phénomène se passe dans le cerveau ou dans tout autre organe du corps » (Mosso).

L'activité chimique du protoplasma cellulaire des éléments nerveux de l'écorce cérébrale se manifeste avec une rare intensité dans les convulsions épileptiques qui succèdent, après quelques minutes de repos apparent, à l'*excitation électrique* du cerveau, quand celle-ci est d'une force ou d'une durée suffisantes. Ces décharges nerveuses, avec le caractère hallucinatoire qu'elles impliquent, avec les auras sensitives ou sensorielles, conscientes ou inconscientes, qui les accompagnent, sont bien dues au fait que l'excitation électrique détermine dans le cerveau une *activité chimique* très considérable. Les *anesthésiques* et les *narcotiques* modifient la température du cerveau avant celle des autres organes. Les expériences

de substances excitantes telles que la cocaïne, l'atropine, l'alcool, la strychnine, le café, l'absinthe, exécutées sur des chiens curarisés, nous assurent que les phénomènes de thermogenèse ne sauraient être attribués aux contractions musculaires. L'injection de café dans les veines d'un animal détermina, deux minutes après, une élévation de température du cerveau d'environ 0°,06 : l'effet ne dura que huit minutes environ. Sous l'action de la strychnine, Mosso a vu la température du cerveau augmenter en deux heures et seize minutes d'environ 1°,52 et la température rectale de 1°,60 dans le même temps. Avec l'essence d'absinthe, la température du cerveau augmenta de 0°,30 durant dix minutes, quoique cette substance ne pût provoquer des convulsions chez les singes et les chiens curarisés ; l'expérience fit surtout paraître ici avec évidence l'indépendance thermogénique des différents organes de l'économie. Sous l'influence des narcotiques (laudanum, chloral, etc.), les fonctions chimiques du cerveau sont si profondément ralenties que même l'application de forts courants électriques est impuissante à déterminer une augmentation de la température dans le cerveau de l'animal assoupi. L'action des *narcotiques* doit donc être interprétée en ce sens, dit Mosso, que *ces substances arrêtent les fonctions chimiques du cerveau d'où dépendent les fonctions les plus complexes de la sensibilité et de la conscience.* Les doctrines qui voulaient expliquer le sommeil au moyen des changements de la circulation sanguine ne suffisent plus.

Au cours de ses longues séries d'expériences, Mosso a constaté, en effet, qu'on peut se réveiller, reprendre connaissance, penser, avant que la circulation du sang ait eu le temps de se modifier. La cocaïne accélère les processus chimiques et partant la thermogenèse dans le cerveau : il n'en résulte pourtant pas une activité psychique capable de rappeler la conscience. Malgré tout, Mosso admettait, dans sa *Croonian Lecture,* en fondant cette induction sur ses expériences de thermométrie cérébrale, non seulement qu'un « léger développement de chaleur », et par conséquent appréciable, résulte de l'activité psychique du cerveau (p. 302-4), mais que « la base des procédés psychiques est très probablement un phénomène chimique » (p. 307).

Ce n'est toutefois qu'en multipliant et en variant les expériences que le physiologiste peut se délivrer, s'il y a lieu, de l'illusion que crée et entretient la croyance aux analogies entre des phénomènes qui sont peut-être d'ordre différent. Personne n'a plus fait effort que Mosso, dans le domaine de la science expérimentale des fonctions du cerveau, pour « enlever toute force à l'hypothèse, comme il s'exprime, que l'activité psychique et motrice du cerveau est intimement liée à des processus thermiques. » Il ne paraît pourtant pas y avoir réussi ; au contraire. On voit

bien, dans ses expériences, qu'une augmentation considérable de la température du cerveau peut n'entraîner aucun changement apparent de l'activité psychique ou motrice de cet organe, et, inversement, que des périodes d'activité intense des fonctions du cerveau ne modifient pas d'une façon très sensible sa température. Dans l'anémie expérimentale, l'arrêt de la circulation du sang dans le cerveau produit d'abord, du fait des troubles de nutrition des cellules nerveuses, une augmentation de la température (et non pas seulement dans le cerveau, mais vraisemblablement dans tout l'organisme), malgré le rayonnement, et le refroidissement consécutif, du cerveau (*La Temperatura del cervello*, ch. IX). Il s'agit bien ici de phénomènes nerveux, dont l'intensité est en rapport avec le degré d'excitabilité du cerveau. Cette élévation de température, résultant de l'état d'excitation produit par l'anémie, persiste en effet plus longtemps dans le cerveau que dans le rectum. Or cette hyperthermie considérable de l'encéphale n'est pas suivie d'une contraction appréciable des muscles, si ce n'est au cours du stade d'excitation de l'asphyxie. Avec les progrès de l'asphyxie le cerveau naturellement se refroidit et finit par mourir. Mais les « phénomènes nerveux » de la période d'excitation de l'asphyxie du cerveau ont souvent, on le sait, un éclat incomparable et qui a frappé tous les cliniciens.

Quoique l'activité de l'intelligence (le *travail* intellectuel) suffise par elle-même à produire un afflux plus considérable du sang au cerveau, dit expressément Mosso (*Ibid.*, p. 110), cependant l'élévation de la température de cet organe n'est pas dans une liaison nécessaire avec l'accélération de la circulation : « Il résulte clairement de toutes nos expériences que les variations de la température ne soutiennent point de rapport absolu avec celles de la circulation. » En effet, la thermogenèse d'un organe ne dépend pas directement de sa circulation, mais de son chimisme : c'est là un fait reçu, et il n'y a point de doute que les variations thermiques du cerveau ne dépendent point de la température ni de la masse du sang qui y circule. Les conditions de la température propre du cerveau se trouvent réalisées dans les processus chimiques des cellules nerveuses de cet organe. Des impressions douloureuses, des cris, par lesquels on cherche à provoquer une émotion, ne déterminent souvent, quoiqu'il y ait à cet égard des différences individuelles, aucun changement notable et constant des courbes de la température du cerveau. HAIDENHAIM avait déjà montré que la température interne du névraxe diminue après une excitation périphérique des nerfs. Il est certain que, au regard des processus chimiques des échanges organiques du cerveau, les phénomènes de sensation, de perception, d'idéation ne peuvent produire que des variations thermiques relativement minimes, et l'on devra peut-être

accorder à Mosso qu'ils peuvent se manifester sans élever d'un millième de degré la température de ce viscère, ainsi qu'il l'a constaté chez les singes et chez l'homme. Mais il suffit que des variations de la température cérébrale existent, et c'est bien ce qui est. Des cas de *refroidissement* du cerveau durant l'activité du cerveau ont été aussi maintes fois observés par Mosso. Mais ces cas négatifs (pour nous positifs), il les considère comme dérivant d'expériences faites dans des conditions défavorables, et dans lesquelles les processus thermiques, très faibles de leur nature, ont été masqués par d'autres phénomènes concomitants. Le cerveau est, comme les autres organes, pourvu de nerfs vaso-moteurs (*Ibid.*, p. 152). Les variations de calibre des vaisseaux sanguins pendant les processus psychiques ne sont donc nullement de nature passive. S'il en était ainsi, entre le moment d'application d'un stimulus sur la peau ou sur les organes des sens et celui de la réaction des vaisseaux du cerveau, on devrait pouvoir observer une diminution de volume des vaisseaux des extrémités : or dans la plupart des expériences de Mosso ce changement avait lieu plus tôt dans le cerveau que dans le bras ou dans le pied. « Ce fait prouve, dit-il, qu'on ne doit pas regarder la dilatation des vaisseaux du cerveau comme passive et due uniquement à la contraction des vaisseaux des extrémités. »

Dans les expériences instituées par Fr. Kiesow, avec le sphygmo-manomètre de Mosso, sur les changements de la pression du sang, chez l'homme, sous l'influence d'excitations psychiques diverses, la réponse à la question suivante a été de tous points à peu près conforme aux résultats des récentes recherches du physiologiste de Turin, dans le laboratoire duquel Kiesow avait commencé ses expériences. Les changements observés dans la pression du sang, au cours de l'activité provoquée du cerveau, sont-ils produits par l'exercice des fonctions purement intellectuelles, par des sensations dues à des excitations des sens, ou sont-ils simplement les effets des sentiments, émotions, bref, du ton affectif qui les accompagnent ? L'activité intellectuelle provoquée consistait en calculs et autres occupations capables de tendre les ressorts de l'attention. Des excitations lumineuses, des cris soudains, d'autres actions subites provoquaient l'activité des organes des sens.

Or, il résulte du travail de Kiesow (1) que ce n'est point l'activité intellectuelle, avec l'attention soutenue qu'elle entraîne, qui cause les variations de pression, ni les sensations considérées comme telles, mais les sentiments et les émotions qui les accompagnent. Seul le ton affectif accompagnant, non le plaisir (sensation déterminée par une solution sucrée, etc.), mais la douleur (sensation désagréable résultante du goût du sulfate de quinine, etc.), se manifestait toujours dans les courbes de pression. G. Mantovani ayant affirmé, dans sa *Psicologia fisiologica* (2), non seulement que l'abolition de la fonction

---

(1) Fr. Kiesow. *Versuche mit* Mosso's *Sphygmomanometer über die durch psychische Erregungen hervorgerufenen Veränderungen des Blutdruckes beim Menschen.* Wundt. Philos. Studien, XI, 1, et Arch. ital. de Biol., XXIII, 198.

(2) *Manuali Hoepli.* Milano, V. Hoepli, 1896, p. 23-25.

d'une partie déterminée du cerveau entraîne celle de l'activité psychique correspondante, ce qui tombe sous le sens, mais que la physiologie expérimentale démontre que « le cerveau d'un individu qui pense subit des modifications dans sa circulation sanguine, dans sa température, et dans les phénomènes bio-chimiques d'assimilation et de désassimilation, dans ses échanges matériels », BELMONDO le prend de haut avec ce psychologue, suivant une tradition qui disparaît tous les jours, mais qui subsistera aussi longtemps que les médecins, comme les anciens augures, formeront une sorte de sacré collège. BELMONDO concède qu'il existe des modifications dans la circulation d'un cerveau qui travaille : il n'admet point, ce que tout physicien lui démontrerait pourtant, que ces modifications dans le cours du sang s'accompagnent de variations de la température et, partant, de changements moléculaires dans les parties de l'organe (1). « Si une telle relation existe, ajoute-t-il, il est peu probable qu'on puisse la démontrer à présent (*per ora*) ». Alors pourquoi la nier en principe, et quel besoin les médecins ont-ils de répéter, après les théologiens, le mot de TERTULLIEN : *prorsus credibile est quia ineptum est?*

Dans l'hyperthermie du cerveau due à des excitants ou à des causes physiologiques on aurait pu supposer que « le mouvement moléculaire de la substance cérébrale accompagnant les processus psychiques » produisait des effets thermiques plus intenses que ce ne paraît être le cas en réalité. Les variations les plus nettes de thermogenèse cérébrale de cause psychique, les effets les plus vrais à cet égard du *travail* intellectuel, ont été constatés sur des animaux ou sur des hommes soit endormis, soit possédant des températures cérébrales très basses, encore qu'il existe des observations contraires. Si, dans certaines expériences, les mouvements volontaires ou provoqués des extrémités (hommes, singes, chiens), n'ont pas permis de noter un changement constant dans la température du cerveau, dans d'autres expériences des variations thermiques souvent élevées ont expressément été notées. Voici aussi bien quelques-unes de ces expériences. Le dispositif de la première nous a paru fâcheux, et nous avons dû faire toutes nos réserves. « J'introduisis, dit ANGELO MOSSO, après trépanation du crâne, le thermomètre dans le cerveau d'un chien de façon que cet instrument le traversât transversalement et arrivât tout au contact, par son extrémité, avec les circonvolutions du côté opposé ; le thermomètre fixé, j'appliquai des électrodes sur cette région, et, avec un courant d'induction, je provoquai des contractions dans les muscles correspondants. Même dans ces cas, si le courant était faible, je ne remarquai pas qu'aucune augmentation de température correspondit à l'activité motrice (*Ibid.*, p. 119) ». « Chez un singe, j'introduisis le thermomètre

---

(1) V. pourtant E. BELMONDO. *Ricerche sperimentali interno all'influenza del cervello sul ricambio azotato.* Rivista di Patologia nervosa e mentale, 1896, I, 41 sq., et notre compte rendu de ce travail, dans les Annales médico-psychologiques, 1896, 8e sér., III, 484-487.

entre les hémisphères, *sans léser le cerveau*, et portai le réservoir de l'instrument en contact avec les régions reconnues par Horsley comme centres des mouvements de la jambe. Ces circonvolutions furent ensuite excitées par l'électricité. Deux fois l'expérience fut répétée avec de faibles courants qui ne provoquèrent qu'une contraction également faible du membre postérieur ; je ne constatai aucun changement dans la température du cerveau. J'observai aussi le singe quand il remuait spontanément ses extrémités postérieures : le cerveau ne s'échauffa pas plus que de la millième partie d'un degré (1/1000). » En dépit de ce résultat positif, au moins partiel, et qu'expliquent assez, selon nous, les conditions si défavorables de ces expériences de thermométrie cérébrale, Mosso n'en inclinait pas moins à conclure qu'on « doit admettre que le développement de chaleur dans le cerveau n'est pas une suite nécessaire de l'activité nerveuse. » Quoiqu'il administre lui-même la preuve du contraire, l'éminent physiologiste écrivait : « Les observations faites sur l'homme et sur les animaux démontrent que pour les *impulsions volontaires* du mouvement comme pour celles *provoquées* artificiellement au moyen de courants électriques, le cerveau fonctionne sans développement de chaleur appréciable (*Ibid.*, p. 121 de l'édit. italienne). Une pareille conclusion n'était pas seulement contraire aux faits résultant des investigations de l'auteur. Si l'on ne prenait point garde que l'expression de « chaleur appréciable » laisse d'ailleurs la question ouverte, elle impliquait contradiction avec les données élémentaires de tout événement psychique, lequel consiste, suivant Mosso lui-même, très vraisemblablement, dans un « mouvement moléculaire » des cellules cérébrales : c'est dans ce mouvement moléculaire qu'est, selon lui, « la base des *processus psychiques*, si bien que lorsque la *force de tension* (la « *tension chimique* », dit le texte italien) se transforme en *mouvement nerveux*, alors une certaine quantité de *chaleur* se dégage ».

L'expérience ayant prouvé que des mouvements volontaires s'accompagnent chez le singe d'une variation thermique appréciable des centres moteurs des extrémités, cette conclusion expérimentale doit être étendue aux processus plus complexes des sensations, des perceptions et de l'association des idées, l'activité des cellules nerveuses nécessaires à l'entretien de la conscience ne se distinguant probablement pas, avoue Mosso, de celle qui produit une incitation motrice. En d'autres termes, la nature et l'intensité des processus chimiques nécessaires pour déterminer des réactions motrices sont sans doute identiques à celles qui sont la condition de l'activité psychique consciente ou inconsciente. C'est ce qu'il restait à démontrer chez l'homme au moyen des mêmes expériences. Or, à ce sujet, il faut bien remarquer qu'un observateur aussi pénétrant que Mosso déclare avoir trouvé, quant aux réactions thermiques

du cerveau, chez l'homme, la pleine confirmation de ce qu'il avait découvert chez les animaux. Une pareille concordance ne pouvait, selon nous, être aussi certainement prévue que le pense Mosso, au moins depuis que nous savons combien les centres d'association et de projection (Flechsig) diffèrent en étendue et en élaboration dans les cerveaux des mammifères inférieurs et des singes, surtout de l'homme. La démonstration de ces concordances, sinon, comme le croit Mosso, de l' « identité complète de ces résultats », chez les animaux et chez l'homme, ne nous paraît pas moins importante qu'à ce savant pour la physiologie générale.

Les expériences chez l'homme ont porté particulièrement sur une enfant de douze ans, Delphina Parodi, de Suse, entrée à l'hôpital des Enfants, de Turin, pour une fracture du crâne siégeant à la région fronto-pariétale. Cette perte de substance, de forme elliptique, dont le grand axe était dirigé en bas, au point de réunion de la suture coronale et de la suture temporo-pariétale, mesurait de 3 à 4 centimètres de diamètre. Cette blessure, dont le fond pulsait, s'étendait jusqu'aux méninges. Dans une première opération, un séquestre de 3 centimètres environ avait été enlevé. L'enfant dut revenir à l'hôpital. Sur un point, la dure-mère, épaissie, était perforée, par cette ouverture une sonde pouvait être introduite. Mosso put donc faire pénétrer dans le crâne, à 5 centimètres de profondeur, sans douleur, ni effusion de sang, un des thermomètres de Baudin. En présence de Giacomini lui-même, le thermomètre fut poussé jusqu'à la scissure de Sylvius et son réservoir à mercure entra en contact avec les circonvolutions ambiantes, tandis qu'un autre thermomètre était introduit dans le rectum. Dès le début de l'expérience, il se produisit une élévation subite de la température qui nous paraît, comme à l'auteur, devoir être attribuée à l'irritation mécanique du thermomètre : peut-être à l'état d'émotivité de la malade. On la fit longuement parler (récit de son accident), serrer les mains, contracter les mâchoires, bref, on détermina des réactions motrices en rapport avec les régions du langage articulé, de la face et des extrémités antérieures avec lesquelles le thermomètre était supposé être en contact. On n'observa guère cependant de réactions thermiques accusées que sous l'influence d'une émotion vive de la malade (la crainte d'être chloroformée) : soudain, la température du cerveau s'éleva d'un centième de degré (0°,01).

L'observation la plus instructive eut lieu au cours d'un profond sommeil naturel et fut continuée pendant trois heures. Déjà, dans sa *Croonian Lecture*, Mosso avait montré par un exemple que les variations thermiques du cerveau sous l'influence des processus psychiques sont plus intenses dans le sommeil qu'à l'état de veille. Vers 10 h. 50 du soir, tandis que la Parodi était paisiblement endormie dans une chambre de l'hôpital et que tous les préparatifs de l'expérience étaient terminés depuis quelque temps, un chien aboya dans un jardin du voisinage : malgré ce grand bruit dans le silence de la nuit, la malade ne bougea point, mais le cerveau s'échauffa d'environ 0°,08 en dix minutes, élévation thermique considérable. Dans le rectum, légère trace seulement d'une variation thermique positive, correspondant à celle du cerveau. L'aide de Mosso, le Dr Patrizzi, ayant toussé involontairement, le cerveau continua de s'échauffer. A 11 h. 5, le chien continuant à aboyer, la température du cerveau monta à 0°,10 en quinze minutes, celle du rectum demeurant constante. Or, l' « *échauffement du cerveau doit, en ce cas,* déclare Mosso, *être uniquement attribué à des processus psychiques,* la jeune fille n'ayant fait aucun mouvement et ayant paru continuer à dormir sans que rien ait été changé dans son attitude » (*Ibid.*, p. 133). A 11 h. 10, la température du cerveau fléchit

et décroît peu à peu, les courbes du cerveau et du rectum descendant parallèlement. A 11 h. 21, la jeune fille dort si profondément qu'elle commence à ronfler : à ce moment, rapide décroissance de la température du cerveau, d'environ 0°,04, en une minute. A 11 h. 26, le profond sommeil continuant, on éveille la malade en l'appelant par son nom; elle répond; aussitôt élévation de la température du rectum; deux minutes se passent avant que la température du cerveau augmente; la malade continue à parler, mais inintelligiblement, et se rendort. A 11 h. 44, l'enfant agite plusieurs fois les mains et soupire. Il est probable que le sommeil est léger et qu'elle rêve, car elle prononce quelques monosyllabes; elle tient les yeux fermés et ne répond pas lorsqu'on l'appelle, à voix basse, et en lui disant que tout est fini. On assiste ici, c'est-à-dire durant ce *rêve,* au réchauffement du cerveau, partant au cours d'une activité psychique inconsciente : la température du cerveau s'éleva, en vingt minutes, de 0°,10, *la température du rectum restant constante.* A 12 h. 5 on éveilla l'enfant en l'appelant par son nom et en la secouant. A la question si elle a rêvé, elle répond non; elle ne se rappelle point avoir entendu d'aboiement ; elle affirme avoir dormi peu ou point. Au réveil, la température du cerveau demeura constante, tandis que celle du rectum augmenta, en quinze minutes, de 0°,06.

De même, au sortir de la narcose chloroformique. Mosso n'a pas trouvé le retour des fonctions psychiques et motrices, chez le chien, accompagné d'un développement de chaleur appréciable dans le cerveau. Peut-être le degré de température atteint avant ou au moment du réveil indique-t-il la modification thermique qui était nécessaire pour que la conscience revînt. Peut-être l'explication du phénomène est-elle beaucoup plus complexe. D'autres faits ont montré que la conscience peut reparaître tandis que la température du cerveau, loin de s'élever, continue à descendre. En tout cas, s'il est établi que le développement de chaleur du cerveau, dans les premiers temps qui suivent le retour de la conscience après le sommeil naturel ou artificiel, est, en général, minime, l'observation de fortes oscillations thermiques, de 0°,1 à 0°,2, ne doit pas être rapportée à des processus psychiques, mais à des conflagrations organiques qui s'allumeraient à l'occasion d'excitations venues du dehors. Enfin, c'est encore une remarque bien digne d'attention, sans nul doute, que l'élévation thermique la plus élevée du cerveau, a coïncidé, chez la Parodi, avec des processus psychiques inconscients; car, éveillée au moment où la thermogenèse cérébrale était chez elle le plus intense, cette enfant ne se souvint ni d'avoir rêvé ni d'avoir entendu, pensé ou fait quoi que ce fût. Mais les processus psychiques sont seuls réels : la conscience n'est qu'un état essentiellement variable des centres nerveux, un épiphénomène, qui peut manquer ou être présent, sans rien ajouter ni enlever à l'activité psychique proprement dite, consciente ou inconsciente.

Les résultats de ces expériences sur le travail psychique et la thermogenèse cérébrale, exécutées, sinon conçues, dans un esprit de scepticisme et de négation à l'endroit des idées reçues, n'ont fait, on le voit,

que confirmer et fortifier ces idées. Une telle disposition, chez un savant, vaut mieux que l'état d'esprit contraire, quoique l'idéal de l'esprit scientifique dût être une absence complète, en quelque sorte, de toute oscillation négative ou positive quant à la nature des solutions cherchées. Mais les savants ne sont que des hommes, et les raisons, souvent cachées, de leur activité professionnelle, sont au fond les mêmes que celles qui font agir les autres hommes, quoique d'un ordre sans doute bien supérieur. Qu'il s'agisse de processus psychiques tels que les sensations, les émotions, les sentiments, les rêves, l'attention, etc., ou de détermination des mouvements volontaires ou provoqués, chez l'homme comme chez les animaux, soit à l'état de veille, soit à l'état de sommeil naturel ou artificiel, avec conscience ou sans conscience, les variations thermiques du cerveau, quelque inconstantes et faibles qu'elles aient paru être à Mosso, ont généralement provoqué l'ascension du mercure dans les thermomètres et permis la lecture de fractions de degré parfaitement appréciables, signes visibles, indications manifestes, quoique d'interprétation toujours délicate, de processus *thermiques* impliquant l'existence de mouvements moléculaires dans les cellules nerveuses de l'écorce, c'est-à-dire des phénomènes *chimiques* d'où résulte toute activité *psychique*, toute vie de relation et de représentation. Les thermomètres de Mosso ont ainsi noté l'excès de chaleur dû aux réactions chimiques de la substance nerveuse dans la phase statique de son activité, non l'hypothermie résultant de l'absorption de chaleur, qui doit sûrement exister au début de tout travail positif des éléments musculaires ou nerveux.

Circulation cérébrale. — Ce qu'on sait des conditions de la circulation cérébrale n'est encore si incertain que parce que la question de l'innervation vasculaire du cerveau, en particulier celle des artères de la pie-mère et de l'écorce, n'est pas résolue. Ces artères sont-elles susceptibles de contraction et de dilatation actives? Se resserrent-elles ou s'élargissent-elles au contraire d'une manière purement passive, par l'afflux d'une quantité plus ou moins considérable de sang? Dans cette dernière hypothèse, ces vaisseaux sanguins ne posséderaient point de nerfs vaso-moteurs : c'est ce que soutiennent toujours nombre d'auteurs. Roy et Sherrington (1890) constatent que le cerveau augmente immédiatement de volume après une stimulation des nerfs de la peau, de la conjonctive, etc., pour revenir à ce qu'il était avant l'application du stimulus électrique ; ce phénomène est pour eux l'effet d'une dilatation ou distension passive, élastique, des vaisseaux du cerveau, due à une élévation générale de la pression dans le système artériel ; ils contestent l'existence de nerfs vaso-moteurs dans le

cerveau; « la contraction des *parois élastiques* des vaisseaux cérébraux est, disent-ils, purement passive » (1).

L'étude du tissu élastique de la paroi des artères cérébrales peut jeter quelque lumière sur la nature de la circulation du cerveau. La réduction de ce tissu dans la musculature de ces vaisseaux est, au regard d'autres artères du corps, tout à fait frappante. Sur des coupes colorées à l'oxérine de six grandes artères cérébrales (*arteria carotis* de la cavité du crâne, *cerebri anterior, cerebri media, cerebri posterior, basilaris, vertebralis*), TRIEPEL a démontré combien il existe peu de tissu élastique dans la paroi de ces vaisseaux intracrâniens (2) : on n'y trouve qu'une *elastica interna,* un petit nombre de fibres circulaires dans la tunique musculaire, des fibres circulaires un peu plus nombreuses dans l'*externa,* avec quelques rares fibres longitudinales. Ainsi la membrane élastique externe et les fibres élastiques longitudinales de l'*externa,* telles qu'elles existent dans d'autres artères (*Art. lienalis*), font ici défaut. Dans l'artère vertébrale, les fibres élastiques longitudinales de l'*externa* augmentent de nombre et de volume au niveau du passage de cette artère par le *foramen occipitale magnum.* Si la structure de l'artère vertébrale à ce niveau est ainsi changée, on doit le rapporter aux états d'extension et d'allongement que subit ce vaisseau dans les mouvements de la tête. « L'exemple de l'artère vertébrale montre bien, écrit TRIEPEL, quels profonds changements ont lieu dans la structure du tissu élastique de la paroi d'une artère quand les actions mécaniques qui agissent sur cette paroi viennent à changer. » La réduction des fibres élastiques longitudinales dans les artères cérébrales correspond précisément à ce fait que, lorsque la pression s'élève dans un tube élastique, l'extension verticale ou longitudinale de ce tube est peu de chose comparée à la distension de ses parois, à la tension exercée dans le sens horizontal. En outre, comme les conditions qui déterminent la formation du tissu élastique, le choc de l'ondée sanguine, agit de l'intérieur sur la paroi vasculaire, on conçoit que la plus grande quantité de substance élastique devra se trouver (sous forme de membrane) à la face interne du tube. On doit donc s'attendre à ce que le tissu élastique diminue d'une manière continue du dedans au dehors de la paroi vasculaire. Si l'action des conditions mécaniques sur les parois artérielles détermine le degré de développement du tissu élastique dans ces membranes, de sorte que ce développement serait ainsi en rapport avec la

(1) C. S. ROY and C. S. SHERRINGTON. *On the regulation of the blood-supply of the brain.* Journ. of Physiology, 1890, XI, 85-108.

(2) TRIEPEL. *Ueber das elastische Gewebe in der Wand der Gehirnarterien.* Medic. Verein in Greifswald, 4 Juli 1896. — Deutsche medic. Wochenschrift, 4 Febr. 1897. Vereins-Beilage, n° 5.

fréquence et la puissance des ébranlements extérieurs, on s'expliquerait la réduction du tissu élastique dans les artères d'un organe, le cerveau, où manquent toutes les causes de mouvements qui retentissent du dehors sur le corps, et où le tissu élastique des artères cérébrales n'est modifié que par les états de distension provoqués par le pouls.

Encore que Roy et Sherrington soutiennent que la circulation du sang dans le cerveau varie directement avec la pression du système artériel, ces auteurs n'admettent pas moins de trois mécanismes qui interviendraient dans la régulation de la circulation cérébrale. Mais existe-t-il des nerfs centripètes qui aient pour fonction d'exercer une action régulatrice directe sur les vaisseaux du cerveau, et par conséquent indépendamment des changements de la pression générale artérielle ou veineuse? A cette question, qu'ils se sont posée, ces auteurs ont répondu qu'ils avaient en vain cherché des nerfs vaso-moteurs du cerveau, soit dans la moelle allongée, soit dans la moelle épinière, soit ailleurs. Toutefois, les observations et expériences qu'ils ont faites sur l'asphyxie et sur l'action exercée sur la circulation cérébrale par les différentes substances chimiques, poisons ou médicaments, tels que hydrate de chloral, chloroforme, éther sulfurique, morphine, bromure de potassium, strychnine, caféine, etc., leur ont montré que, dans le premier cas, une congestion *active* du cerveau s'ajoutait à la distension passive résultant de l'élévation de la pression artérielle et veineuse, et que, dans le second cas, le calibre des vaisseaux du cerveau subit certainement des modifications également *actives*. La dilatation de ces vaisseaux n'est donc plus due à une distension passive des artères ou des veines cérébrales, effet d'une élévation de la pression artérielle ou veineuse : c'est bien l'effet d'une dilatation *active* des vaisseaux, et cette congestion active du cerveau est réglée entre autres par un « mécanisme automatique » grâce auquel la circulation d'une région du cerveau varie avec l'activité des échanges chimiques liés à la fonction de cette région. Partant de la considération qu'il existe des preuves manifestes d'une localisation fonctionnelle de l'écorce du cerveau, Roy et Sherrington estiment donc qu'un *mécanisme automatique de régulation locale de la circulation, en rapport avec les variations locales de cette activité fonctionnelle*, s'impose de soi-même comme évidente : « Nous concluons, écrivent-ils, que les produits chimiques du métabolisme cérébral contenus dans la lymphe qui baigne les parois des artérioles du cerveau peuvent déterminer des variations du calibre des vaisseaux cérébraux ; que, dans cette réaction, le cerveau possède un mécanisme intrinsèque par lequel son irrigation sanguine peut varier localement en accord avec les variations locales de l'activité fonctionnelle. » Roy et Sherrington signalent d'abord deux mécanismes de régulation de la circulation cérébrale, plus ou moins indépendants : 1° un mécanisme *intrinsèque*, en vertu duquel la circulation des différentes parties du cerveau pourrait être modifiée localement suivant les exigences physiologiques, également locales, de cet organe ; 2° un mécanisme *extrinsèque*, le système nerveux vaso-moteur, qui règle la quantité de sang passant par le cerveau en vertu de la dépendance où est la circulation de cet organe de la pression artérielle générale. Quand l'activité du cerveau est ordinaire ou faible, il est probable, selon ces auteurs, que la circulatoin de l'organe est surtout réglée par le mécanisme intrinsèque, sans retentissement notable sur la circulation des autres organes et tissus. Mais si l'activité cérébrale est intense, ou que la circulation du cerveau subisse quelque contrariété, les nerfs vaso-moteurs entrent en activité et l'irrigation sanguine des autres organes du corps en subit le contre-coup. Enfin, un troisième mécanisme, dont l'importance paraît aux auteurs devoir être considérable, présiderait encore à la régulation de la circulation cérébrale, mécanisme

en rapport avec l'effet exercé sur les vaisseaux cérébraux par les variations de la pression veineuse générale ; le volume du cerveau varie avec l'état de la pression des grosses veines, et on ne saurait négliger le fait que ces changements dans la pression ont, sans nul doute, une action correspondante sur les phénomènes de transsudation qui ont lieu à travers les minces parois des capillaires veineux, c'est-à-dire sur la nutrition du cerveau.

Léonard Hill et W.-M. Bayliss sont arrivés à la même conclusion générale que Roy et Sherrington après une série d'expériences nombreuses sur le chien (1).

Après un historique de la question où sont rappelées les expériences et les doctrines sur ce sujet d'Alex. Monro (1783), d'Abercrombie et de Kellie (1824), de Burrows et de Donders (1850), de Salathé (1876), de Grashey (1892), etc., les auteurs anglais concluent que la circulation cérébrale suit passivement les changements de la circulation générale. Ils n'ont pu découvrir un seul indice même de l'existence du mécanisme vaso-moteur local admis par Roy et Sherrington. Tout changement dans la position du corps de l'animal modifie la circulation cérébrale, du fait de l'action de la pesanteur sur le système vasculaire. Toute variation de la respiration, tout mouvement musculaire, est suivi de changements passifs dans la circulation du cerveau. Bref « le cerveau ne possède point de mécanisme vaso-moteur direct, mais son irrigation peut être contrôlée ou réglée indirectement par le centre vaso-moteur agissant sur l'*area* splanchnique. » Le centre vaso-moteur fait partie en effet du système nerveux central ; il est stimulé par les mêmes incitations centripètes que le reste de ce système : il détermine en conséquence une irrigation du système nerveux central en rapport avec son activité fonctionnelle. Dans le cerveau, comme dans tous les autres organes du corps, la dilatation artérielle augmente, la constriction artérielle diminue l'afflux du sang, « mais dilatation et constriction y sont toujours passives ». Toute obstruction des vaisseaux, toute compression aiguë du cerveau, telle que celle qui résulte de la présence d'un corps étranger, produit de l'anémie cérébrale. Une inflammation, une dilatation vasculaire d'un point du cerveau tendra à provoquer de l'anémie sur les autres points. Une obstruction ou oblitération étendue des capillaires, en quelque région, tendra, toutes les fois que la pression artérielle s'élèvera, à produire de l'anémie dans d'autres régions du cerveau.

Voici les principaux résultats de cette étude, tels que Bayliss et Hill les formulent : 1, 2. Rien ne prouve l'existence de nerfs cérébraux vaso-moteurs non plus que celle d'un mécanisme vaso-moteur local quelconque ; 3. La circulation cérébrale obéit passivement aux changements des pressions générales artérielle et veineuse ; 4. La pression intracrânienne est, dans les conditions physiologiques, la même que la pression cérébrale veineuse ; 5. Le volume du cerveau doit être considéré comme invariable : 6. Il n'existe point de mécanisme compensateur en vertu duquel la pression intracrânienne serait maintenue constante. La pression intracrânienne varie ; les fonctions de la matière cérébrale persistent au milieu des variations de pression : 7. A l'état physiologique, une élévation de la pression artérielle accélère le courant sanguin dans le cerveau, un abaissement de cette pression le ralentit ; 8. Dans les états pathologiques caractérisés par une oblitération ou une dilatation inflamma-

(1) W. M. Bayliss and Leonard Hill. *On intra-cranial pressure and the cerebral circulation.* Part. I. Physiological. Part II. Histological. By G. Lovell Gulland. The Journal of Physiology, 1895, XVIII, 334-362.

toire de vastes aires capillaires du cerveau, c'est le contraire qui arrive : une élévation de la pression artérielle diminue le courant sanguin dans le cerveau, un abaissement l'accélère. La musculature des vaisseaux sanguins du cerveau, car « il existe certainement, disent ces auteurs, du tissu musculaire dans les vaisseaux de la pie-mère », ne serait qu'un tissu de soutien élastique pouvant, à la vérité, opposer une certaine résistance passive, à une augmentation de tension interne; mais la structure de ces muscles ne posséderait plus qu'une sorte de survivance structurale et fonctionnelle (a vestigial structure), si bien que ce tissu serait un facteur de tous points négligeable pour la solution du problème de la circulation cérébrale. Il résulte donc de ce travail que l'irrigation artérielle du cerveau n'aurait lieu que d'une façon passive; que l'hyperhémie, par exemple, de cet organe résulterait soit de l'accélération des mouvements du cœur, soit d'une constriction vasculaire dans d'autres régions du corps.

Au sujet des expériences de Bayliss et de Hill, G. Lovell Gulland a rapporté le résultat de recherches histologiques que lui avait inspirées Batty Tuke touchant la présence ou l'absence de nerfs vaso-moteurs dans le cerveau, de fibrilles nerveuses dans les parois des vaisseaux sanguins intracrâniens. Les méthodes employées furent celles de Golgi, avec les modifications connues (Cox, etc.), et d'Ehrlich; les investigations portèrent sur des cerveaux de chats et de lapins, adultes, jeunes ou embryons, et sur des cerveaux d'hommes à l'état aussi frais que possible. Ni l'imprégnation métallique au chromate d'argent, ni la coloration au bleu de méthylène ne put faire découvrir l'existence de fibrilles nerveuses dans les parois des vaisseaux, soit de la pie-mère, soit de l'intérieur du cerveau. Dans les gros vaisseaux, le réseau longitudinal de fibres élastiques s'imprègne souvent; mais il est facile de le distinguer du plexus nerveux des artères ordinaires. Les prolongements des cellules de névroglie fixés aux artères qu'elles entourent souvent par places pourraient aussi faire illusion.

L'opinion adverse, celle qui soutient que les vaisseaux du cerveau possèdent, comme ceux des autres organes, une certaine autonomie, une activité indépendante, ce qui implique de nécessité l'existence de nerfs vaso-moteurs particuliers, a été également défendue, entre autres par François Franck (1875) (1), par E. Cavazzani (1893), par H. Obersteiner (1897).

« Le fait, par moi constaté, écrit Cavazzani, que ni la section du sympathique au cou, ni son excitation ne se sont jamais montrées sans effets sur la circulation cérébrale démontre que *le sympathique cervical contient des fibres vaso-motrices pour le cerveau.* » Cavazzani a établi les faits suivants : *diminution de la pression* par diminution d'afflux du sang quand on excite le sympathique du côté normal, c'est-à-dire du côté opposé aux canules; la section du sympathique du côté hypohémique (côté où se trouvaient les canules)

---

(1) François Franck. *Les Fonctions motrices du cerveau.* Paris, 1887, 199.

détermina toujours une *augmentation de la pression* avec augmentation du sang circulant. « En d'autres termes, dans les *conditions normales, activité vaso-constrictive*; dans des conditions d'*anémie, activité vaso-dilatatrice. Il existe donc, dans le sympathique cervical, deux espèces de fibres.* Les plus faciles à exciter et à épuiser sont les *fibres vaso-constrictives*; ellès sont actives tant que les conditions de la circulation se maintiennent normales. Les *fibres vaso-dilatatrices* sont au contraire appelées à agir dans les conditions pathologiques, et alors leur majeure excitabilité est causée par l'anémie. Elles s'épuisent moins facilement que les fibres vaso-constrictives et se ressentent plus longtemps des excitations, ainsi qu'on l'admet aujourd'hui en général pour toutes les fibres vaso-dilatatrices. » Cavazzani incline à croire que la circulation cérébrale peut être réglée par un appareil vaso-moteur spécial, comme l'ont indiqué Roy et Sherrington. Voici les conclusions du travail de Cavazzani : 1. Le système du grand sympathique, dans la région cervicale, concourt à l'innervation des vaisseaux cérébraux. 2. Il y concourt par des fibres vaso-constrictives et par des fibres vaso-dilatatrices ; les premières excitables directement par la stimulation électrique : les secondes, en outre, par l'anémie. 3. L'action vaso-motrice du sympathique, dans les conditions ordinaires, s'exerce très légèrement sur les vaisseaux du cerveau, tandis qu'elle est très énergique durant les excitations mécaniques et électriques. 4. L'excitation des fibres vaso-dilatatrices est probablement due à l'anémie, plutôt qu'à l'abaissement de la pression dans les ramifications vasculaires (1).

Seule, la démonstration anatomique de l'existence de fibrilles nerveuses propres aux vaisseaux cérébraux permettrait de trancher définitivement la question. Le *plexus caroticus internus* reçoit ses fibres du *ganglion cervicale supremum* du nerf sympathique ; du réseau du *plexus cavernosus,* qui ne représente qu'une partie du *plexus caroticus,* Bourgery et Arnold ont vu des fibrilles extrêmement fines gagner les artères cérébrales antérieure et moyenne (*Arteria cerebri anterior et media*). Des fibres ont été également aperçues se rendant à l'artère communiquante postérieure (*Art. communicans posterior*) ; enfin l'artère vertébrale (*Art. vertebralis*) reçoit des fibres sympathiques du *ganglion cervicale inferius.* Les manuels d'anatomie du système nerveux central, tels que celui d'Obersteiner, rapportent ces faits d'observation acquis à la science : ils n'en possèdent point qui démontrent que les artérioles et les capillaires du cerveau soient, à l'instar de ces vaisseaux, pourvus de fibrilles nerveuses. H. Obersteiner, dans un travail récent sur l'*Innervation des vaisseaux du cerveau,* représente une petite artère de la pie-mère de la convexité du cerveau, colorée autrefois au chlorure d'or, où l'on distingue nettement les troncs nerveux relativement les plus gros de fibrilles rampant autour du vaisseau ; les plus fines ramifications, les terminaisons nerveuses ne

---

(1) E. Cavazzani. *Sur l'influence vaso-motrice du sympathique cervical. Contribution à l'étude de la circulation cérébrale.* Riv. speriment. di fren., 1892, XVIII ; Arch. ital. de biol., 1893, XIX, 214 sq. Cf. Mosso. *Die Temperatur des Gehirnes,* 1894. *Ueber den Kreislauf d. Blutes im menschlichen Gehirn,* 1881.

se sont pas colorées (1); ces fibrilles nerveuses, dont la nature est certaine, sont distribuées très irrégulièrement autour de l'artériole ; elles varient d'épaisseur et forment par leurs rencontres des points nodaux; elles se divisent et se subdivisent à angle droit. « Voilà donc, écrit Obersteiner, une démonstration anatomique directe du fait que les artérioles intracrâniennes possèdent, au moins dans la pie-mère, des nerfs qui leur sont propres. La conséquence s'impose qu'à ces vaisseaux appartient aussi la faculté de se contracter et de se dilater d'une manière active, autonome, indépendante » (219). *A priori*, cela devait être tenu pour vraisemblable. Puisque les vaisseaux intracrâniens, les très petites artères jusqu'aux vaisseaux de transition, possèdent une *tunique musculaire* ou *moyenne* bien développée, comment n'attribuer à ces muscles d'autre importance que celle d'une membrane élastique, ainsi que le voudraient Hill et Bayliss? La fibre musculaire a pour fonction et partant pour propriété de se contracter sous l'influence d'un stimulus; on songe donc immédiatement à l'existence de stimulations nerveuses. Les appareils nerveux de ces muscles sont assurément mal connus. Quand même on admettrait, avec Engelmann, qu'une excitation peut se propager directement de fibre musculaire à fibre musculaire; qu'il n'est pas nécessaire que chaque fibre musculaire reçoive une terminaison nerveuse, Obersteiner déclare qu'il répugne à croire qu'un territoire vasculaire aussi vaste et aussi important que celui des vaisseaux intracrâniens, dont les parois sont pourvues d'une musculature aussi développée, soit absolument soustrait à l'influence des nerfs.

D'ailleurs la démonstration directe de l'existence de nerfs sur ces vaisseaux ruine d'un coup cette opinion. Quant aux résultats négatifs, ils doivent être attribués soit à des erreurs d'observation, soit à des défauts de méthode. Après Mosso, Obersteiner signale la facilité et la rapidité avec lesquelles se fatiguent les *nerfs vaso-moteurs du cerveau*, si bien que ces nerfs cessent de fonctionner alors que les nerfs de même nature réagissent encore dans d'autres organes. Peut-être cette particularité explique-t-elle les erreurs commises par les observateurs. Enfin, Obersteiner appelle l'attention sur l'aspect spécial des petites artères cérébrales dans les maladies chroniques du cerveau, et surtout dans la paralysie générale : le calibre de ces artères est des plus irréguliers; la musculature forme une succession de dilatations fusiformes. Une innervation défectueuse, inégale, une *parésie partielle de la paroi vasculaire*, produiraient d'ordinaire ces altérations (2).

(1) H. Obersteiner. *Die Innervation der Gehirngefässe.* Jahrbücher f. Psych. u. Neurol., 1897, XVI, 215 sq.

(2) *Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane.* 3 Aufl., 200, fig. 85.

Les fonctions du cerveau et les échanges organiques. — En dépit de l'apparence, peut-être aucun problème scientifique n'est-il moins avancé que celui des rapports des processus purement psychiques avec les autres fonctions du système nerveux, et, d'une manière plus générale, avec tous les phénomènes biologiques de l'organisme. Lorsqu'on affirme que les processus psychiques sont une fonction de la matière, on n'énonce plus un simple axiome philosophique : cette affirmation a tous les caractères d'un postulat scientifique. Voici, par exemple, quelques-uns des fondements sur lesquels elle s'appuie : l'intégrité, naturellement relative, des différentes parties du système nerveux est la *conditio sine qua non* d'une activité mentale normale ; le progrès et l'évolution des fonctions psychiques a eu lieu, chez les invertébrés comme chez les vertébrés, parallèlement au développement des centres nerveux ; une science expérimentale, la psycho-physique, a dégagé un certain nombre de lois relatives à la durée des actes psychiques les plus élémentaires et déterminé certains rapports constants entre l'intensité d'une excitation sensible et la sensation, etc. Mais que sait-on du *mécanisme* en vertu duquel un processus nerveux se peut convertir en une sensation, une perception, une image? Que sait-on touchant les modifications organiques, de nature physico-chimique, qui accompagnent le fait psychique? On ne sait rien jusqu'ici de l'origine et de la nature des phénomènes psychiques (1).

On admet comme prouvée la concomitance des *phénomènes physico-chimiques* et des *manifestations psychiques*. On croit qu'aux fontions psychiques correspondent certaines *variations thermiques* de l'écorce du cerveau, et que, parallèlement, et comme un effet de celles-ci, les *échanges de l'organisme* souffrent d'importantes modifications. En un sens, rien de plus logique que de telles assertions. Comment, si les actes psychiques sont une fonction organique, pourraient-ils s'accomplir sans libérer des forces vives, sans produire quelque changement chimique ? L'hypothèse semble donc justifiée ; mais la démonstration est restée jusqu'ici incomplète.

Ceux qui se sont appliqués à rechercher l'*équivalent physico-chimique des phénomènes psychiques,* sont naturellement partis du principe que la loi de la conservation de l'énergie devait s'étendre à toutes les manifestations biologiques des organismes et, par conséquent, au cerveau considéré comme organe de la pensée.

Sans parler de l'importance attribuée pendant longtemps à la présence du phosphore

---

(1) E. Belmondo. *Contributo critico e sperimentale allo studio dei rapporti tra le funzioni cerebrali e il ricambio.* Riv. sperimont. di fren., 1896, XXII, 657-748.

dans le cerveau, on insiste sur la riche irrigation de cet organe, ce qui implique une activité correspondante d'échanges de matières organiques ; il existe aussi, dans le cerveau, de la cérébrine, de la lécithine et d'autres substances analogues aux graisses, dont la molécule contient de grandes quantités de C et de H, de composition chimique très élevée : ce sont là, dit-on, de véritables combustibles, s'oxydant facilement et fournissant des matériaux de choix pour le travail des fonctions psychiques. D'autre part, à côté des substances énumérées, le cerveau contient de 70 à 85 pour 100 d'eau, c'est-à-dire plus d'eau que peut-être aucun autre organe du corps, et l'eau est de nulle valeur comme source de force vive dans l'organisme animal. Considérons les parties du cerveau. La substance grise de l'écorce cérébrale, siège spécial des fonctions psychiques, renferme beaucoup plus d'eau que la substance blanche, laquelle n'a que des fonctions conductrices. Il y a plus ; le protagone, le composé phosphoré par excellence et caractéristique du tissu nerveux, appartient surtout ou même presque exclusivement, selon Baumstark, à la substance blanche.

Quant aux essais entrepris dans la pensée de surprendre les effets physico-chimiques de l'activité mentale, les uns ont trait aux phénomènes thermiques qui accompagnent le travail psychique, les autres aux processus d'échanges de l'organisme que modifie ce travail et dont l'analyse chimique décèlerait les traces dans les produits d'excrétion et de sécrétion de l'animal. La revue qu'a faite Belmondo de ces tentatives n'est point tout à fait complète puisque, sur ce point spécial, il n'a cité ni Béclard, ni Herzen, ni Richet, ni G. Pouchet, ni Laborde, ni même Armand Gautier.

Les expériences de Schiff et de Dorta s'accordent à constater que, par l'effet d'excitations sensitives et sensorielles, la température du cerveau s'élève. Mais, demande Belmondo, alors même qu'aucune cause d'erreur de technique n'existerait dans ces expériences, peut-on dire que ces variations de la température soient dues à un acte pur de *perception* d'une sensation ? Les auteurs ont eux-mêmes répondu : une augmentation analogue de température fut observée, après les mêmes excitations périphériques, chez des animaux morts depuis une demi-heure, cinquante minutes, une heure même. « A moins donc d'admettre qu'encore après la mort persistent les perceptions, les émotions, la conscience, nous devons rapporter les variations thermiques à des faits nerveux d'ordre inférieur, qui ne sont pas toujours nécessairement accompagnés de conscience ».

Alors que les substances excitantes du cerveau, les nervins, — atropine, cocaïne, alcool, café, strychnine — produisent une augmentation de la température cérébrale, l'activité psychique, chez l'homme et chez le singe, par exemple, peut évoluer à tous les états « sans que l'augmentation de chaleur produite par le cerveau égale la millième partie d'un degré » (Mosso). Quelquefois, Mosso a aussi noté un *refroidissement* de l'écorce durant l'activité mentale (1).

(1) Il convient de citer les recherches neurothermiques exécutées sur des fibres nerveuses amyéliniques par Cramer. Les expériences ont porté sur les nerfs olfactifs des poissons (brochets, carpes, etc.). Le résultat est demeuré négatif : l'excitation de ces nerfs ne détermina aucune élévation sensible de

Quant aux recherches expérimentales qui ont eu pour but de découvrir, si elle existe, *l'influence de l'activité psychique sur les échanges matériels de l'organisme*, Mosler a trouvé qu'un travail mental d'une grande intensité augmente le contenu total de l'acide phosphorique dans l'urine. De même, Donders. Dans sa thèse célèbre « sur la relation qui existe à l'état physiologique entre l'activité cérébrale et la composition des urines » (*Th.* Paris, 1868), Byasson avait trouvé éliminée une plus grande quantité non seulement d'acide phosphorique, mais d'azote. Selon Mairet, le travail intellectuel a pour effet de diminuer l'élimination des phosphates alcalins et de l'azote ; il diminuerait donc l'ensemble des échanges ; mais si ce travail est très intense, et que la nutrition soit abaissée, l'élimination des phosphates terreux augmenterait (1884). Citons pour mémoire les noms de J. Wilson Paton, Marro, Preysz, Raspopoff, Stcherbach, C. Speck. Stcherbach établit pourtant, avec une critique et une méthode supérieures, dans celle des séries de recherches qu'il a instituées sur lui-même, que, si le travail intellectuel très intense *diminue l'assimilation de l'azote et surtout de l'acide phosphorique*, en même temps qu'il augmente les échanges organiques, le travail modéré de l'intelligence demeure sans influence sur l'échange d'acide phosphorique et d'azote, et par conséquent sur la destruction de l'albumine (1). Le travail de Speck, qui présente éminemment les mêmes qualités, résume bien, au témoignage de Belmondo, l'état actuel de nos connaissances expérimentales sur les rapports postulés entre le travail mental et les échanges organiques. Ces recherches ont trait spécialement aux échanges gazeux de la respiration. D'après Speck (2), la quantité d'oxygène consumée par un travail mental, même intense, n'est pas plus grande que dans le repos ; le besoin d'oxygène augmente au contraire par l'effet du plus petit effort musculaire, — attitude incommode du corps, station, action d'écrire, de tenir un livre à la main, etc. « Le résultat final de toutes ces études, a écrit Speck, c'est que l'activité psychique n'exerce aucune influence directe sur les échanges généraux. L'opinion selon laquelle les phénomènes psychiques sont accompagnés de processus d'oxydation comme en présente le muscle en activité, et suivant laquelle le métabolisme cérébral implique l'existence d'échanges chimiques intenses, manque de toute base réelle et expérimentale. Les processus moléculaires du cerveau, qui seraient les conditions des faits mentaux, ne sont donc pas des processus d'oxydation, *ou du moins ils sont si peu sensibles* qu'ils échappent aux méthodes actuelles d'investigation. »

---

température qui pût être attribuée avec sûreté à la fonction spécifique de ces organes. — Cramer. *Ueber neurothermische Versuche an marklosen Nerven*. Münchner med. Wochenschr., 1897.

Cf. les expériences de Humphry D. Rolleston. *On the conditions of temperature in nerves during activity and during the process of dying*. The Journ. of physiol., XI, 1890. La sensibilité du thermomètre était telle que des différences de température de 1/5000° C pouvaient être enregistrées. La résistance électrique d'un fil de métal se modifie, on le sait, avec la température de ce fil. On peut donc conclure de l'état de la résistance électrique au degré de la température et, sur ce principe, baser des mensurations thermométriques.

Voici les résultats donnés par Rolleston : 1° au moment de l'excitation, pas d'oscillations appréciables de la température du nerf ; 2° le nerf qui meurt développe de la chaleur ; 3° le développement de chaleur a lieu presque toujours proportionnellement à l'intensité du courant nerveux.

(1) Stcherbach. *Contribution à l'étude de l'influence de l'activité cérébrale sur l'échange d'acide phosphorique et d'azote*. Arch. de méd. expériment., 1893, V, 300 sq.

(2) C. Speck. *Untersuchungen über die Beziehungen der geistigen Thätigkeit zum Stoffwechsel*. Arch. f. experim. Path. u. Ther., XV, 1882, 81-144.

Cette sage réserve n'a pas été toujours suivie par les successeurs de Speck. Il nous semble que Belmondo lui-même, comme Mosso, n'en fait pas assez d'état lorsqu'il se hâte d'ajouter : « Or, *nier* que les phénomènes psychiques soient matériellement représentés par des processus d'oxydation dans l'organe qui en est le siège, équivaut à nier que ces phénomènes soient dans l'organisme la condition d'un travail réel et propre à ces processus ; qu'ils donnent lieu, par conséquent, à une transformation d'énergie chimique, mécanique ou autre. » Il enregistre donc, comme corollaire des résultats de ces études expérimentales, les conclusions auxquelles sont arrivés de leur côté presque tous les auteurs de livres de chimie biologique contemporains, Halliburton, G. Bunge, O. Hammarsten et, ajoutons, Armand Gautier : toutes les manifestations de la vie psychique se produiraient sans laisser de traces décelables avec les moyens d'investigation connus, sans déterminer d'effet appréciable sur les échanges matériels qui ont lieu dans tout organisme vivant, par cela seul qu'il vit.

Mais, que représente au vrai un acte psychique ? Comment un acte psychique se révèle-t-il ? Il y a, pour l'étudier, deux moyens : l'introspection et l'observation externe. Pour celle-là, un fait psychique est un changement de l'état de conscience ; pour celle-ci, c'est un mouvement. Quoique tout changement dans l'état de conscience ne soit pas de nécessité toujours accompagné d'un mouvement, si celui-ci manque, nous n'avons aucun critérium objectif qu'un phénomène psychique a eu lieu. D'autre part, tout mouvement est loin d'être accompagné d'une représentation consciente : il peut être réflexe ou automatique, donc involontaire, et partant absolument inconscient. Ces considérations ont paru à Belmondo de nature à diminuer d'autant l'importance communément attribuée au phénomène de *conscience,* qu'elles font paraître plus grande celle des faits organiques ou purement physiologiques du cerveau, comme il s'exprime. Loin d'être l'effet d'un acte psychique de la conscience, celle-ci demeure très souvent étrangère à cet ordre d'événements, et elle reste d'ailleurs au delà des prises de l'investigation expérimentale. Cette prépondérance des fonctions purement physiologiques du cerveau sur l'événement psychique se révélerait jusque dans les manifestations qui expriment avec le plus de fidélité l' « individualité mentale ». Ainsi, les *actes volontaires,* qui semblent l'expression par excellence de la « spontanéité », et partant de l'activité psychique consciente, seraient, au contraire, le résultat des exigences organiques se reflétant dans la conscience. « Or, toutes nos *impressions,* nos *associations*, la *mémoire,* nos procédés de raisonnement, notre volonté elle-même enfin, n'acquièrent le caractère d'un travail, n'exigent un développement appréciable de force, que lorsqu'ils arrivent à produire un mouvement ou une série de mouvements, c'est-à-dire d'efforts musculaires. » On peut donc toujours, suivant Belmondo, définir la volonté : l'expression consciente des besoins organiques de l'individu en un moment donné de l'existence. On peut, volon-

tairement, produire des arrêts de mouvements réflexes ou automatiques, mais en provoquant l'activité de muscles antagonistes. Il suit que toute action volontaire et la plus libre en apparence, s'accomplit toujours, en réalité, non point tant comme effet d'un *travail psychique,* que sous l'influence de *stimuli* actuels, lesquels ont leur fin naturelle dans un mouvement. Alors seulement s'accomplit un *travail.* La représentation n'impliquait qu'une *préparation à un travail.* Seul, le mouvement est accompagné d'un développement de force vive, de transformations chimiques, de perte de chaleur, tous processus qui peuvent se retrouver sous une autre forme, par exemple comme énergie latente dans le travail que le muscle accomplit.

Ainsi, loin de représenter, comme l'ont cru tant de physiologistes et de psychologues, tels que WUNDT, un énorme réservoir de force accumulée dans les cellules nerveuses, prêtes à déflagrer comme substances explosives toutes les fois que les conditions d'un acte moteur sont réalisées, le cerveau, auquel aboutissent tous les nerfs de sensibilité et d'où part toute innervation motrice, directement ou indirectement, ne serait, selon BELMONDO, qu'un *commutateur,* d'une complexité extrême, permettant aux stimuli qui y affluent perpétuellement de mettre en activité l'une ou l'autre partie du système musculaire. Les actes moteurs qui en dérivent s'accompliraient, non aux dépens du système nerveux, mais du tissu musculaire lui-même et du sang qui l'irrigue. Les échanges organiques du cerveau nécessaires à l'accomplissement des actes psychiques pourraient être ainsi très minimes, au point d'échapper même à nos moyens d'investigation les plus délicats.

Voilà la *psychologie physiologique* de BELMONDO. Voici, maintenant, ce qu'on pourrait dénommer la métaphysique ou la *métaphysiologie* de cette hypothèse scientifique.

L'explication téléologique de ces dispositions, c'est que l'effet utile de tous nos processus psychiques consiste à provoquer des réactions déterminées en présence d'excitations actuelles, dans des circonstances données. Tout notre savoir, l'expérience de la vie, l'éducation, n'ont pas d'autre résultat que celui-là. Et tout cela s'accomplit d'une manière beaucoup plus automatique qu'on ne le croit. « La conscience représente un épiphénomène. » A s'en tenir aux faits objectifs, elle n'a pas de signification. Cette facilité avec laquelle les organismes réagissent en un sens donné à certaines excitations données, ne s'acquiert probablement pas au moyen de modifications profondes de la structure : elle résulterait plutôt, ainsi que portent à le croire les plus récentes études sur l'anatomie fine du système nerveux, de rapports plus ou moins stables formés, sous l'influence de l'exercice fonctionnel, entre les prolongements cylindraxiles et dendritiques des neurones (TANZI). La mémoire, l'association des idées, les actions volontaires s'expliquent avec cette hypothèse, comme avec celle de RABL-RÜCKHARD. La conscience représente le côté purement subjectif de tous ces phénomènes ; comment pourrait-elle alors tomber sous l'observation du physiologiste ?

Ainsi la vie psychique ne ferait pour ainsi dire que se *superposer* à ce complexus bien plus important d' « actes physiologiques », qui vont de l'impression sensible à la contraction musculaire et peuvent être ou non accompagnés de modifications de la conscience. C'est la *sensomobilité* d'EXNER. Au cerveau, comme à la moelle épinière, affluent, durant leur activité, des ondes continues d'excitations sensitives et sensorielles qui, sans interruption, se réfléchissent sur les muscles, qu'ils maintiennent en un certain degré de tension appelée *tonicité*, le *tonus chimique* de ZUNTZ et de RÖHRIG, se manifestant par un échange incessant du muscle lui-même, même à l'état de repos, échange qui diminue considérablement dès que les muscles cessent d'être en rapport avec les centres nerveux. BELMONDO a montré, en effet, avec ODDI (1), que si en cocaïnisant par exemple une des racines spinales postérieures, on interrompt le passage des courants nerveux afférents aux centres intramédullaires, l'excitabilité des racines motrices antérieures correspondantes diminue notablement. En appliquant la cocaïne sur l'écorce cérébrale elle-même, l'excitabilité des « centres psycho-moteurs » s'en trouve également diminuée. BELMONDO attribua ce phénomène à l'abolition de la fonction des cellules sensitives de l'écorce, ou plutôt à la paralysie des ramifications les plus élevées des terminaisons des fibres du faisceau sensitif dans l'écorce. L'arrêt, du fait de cette paralysie, de l'arrivée des ondes nerveuses périphériques dans ce centre nerveux, devait diminuer l'excitabilité des cellules motrices dont les dendrites reçoivent constamment ces excitations. Enfin TOMASINI (2), constate qu'un phénomène de même nature se produit, c'est-à-dire que l'excitabilité de la zone motrice de l'écorce cérébrale s'affaiblit, lorsqu'on sectionne sur la moitié opposée de la moelle épinière une ou plusieurs racines postérieures.

Ces derniers faits expérimentaux, quoique l'interprétation donnée par les auteurs pèche par une trop grande simplicité, sont étrangers à l'hypothèse fondamentale de BELMONDO sur la nature propre des fonctions les plus élevées du système nerveux central. « Ce ne sont là, dit-il lui-même, que des hypothèses. » Soit; quelques-unes de plus ou de moins, en pareille matière, n'accableront point sous le faix la raison humaine, qui depuis tant de siècles supporte ces édifices de nuages. L'hypothèse de BELMONDO ne convient, selon nous, qu'à la voie des réflexes organiques et des actes automatiques. Elle ne porte pas plus haut ni plus loin. Comme les phénomènes purement psychiques n'ont pas été trouvés jusqu'ici, selon lui, réductibles aux énergies connues de la nature, il se borne à répéter que « la conscience représente le côté purement subjectif de tous ces phénomènes ». Mais comment la « mémoire », l' « association des idées », les « actions volontaires » pourraient-elles « s'expliquer » au moyen des hypothèses anatomiques sur les prétendus mouvements amiboïdes ou, tout au moins, sur la plasticité des prolongements des neurones? Je ne

(1) BELMONDO et ODDI. *Ricerche sperimentali intorno all'influenza delle radici spinali posteriori sull' eccitabilità delle anteriori.* Riv. speriment. di fren, XVI, 1890.

(2) TOMASINI. *L'eccitabilità della zona motrice dopo la recisione delle radici spinali posteriori.* Lo sperimentale, 1894, 295-315.

puis comprendre comment une réaction motrice volontaire, un mouvement adapté à la réalisation de quelque fin, ne feraient pas partie de la vie psychique comme tout autre état de conscience. Ajoutez que ces adaptations des organismes aux circonstances du milieu, dans lesquelles BELMONDO voit le seul effet « utile » de tous les processus psychiques, implique une activité antérieure de la conscience, activité qui peut être devenue réflexe, en attendant qu'elle devienne automatique, ainsi qu'il paraît être arrivé chez les fourmis et les abeilles, mais qui a dominé ou continue à dominer, de toute la hauteur d'une cause, les effets innombrables qui en sont sortis et en découlent toujours chez les mammifères supérieurs, chez l'homme au moins, dont la vie mentale, à peine ébauchée, est loin encore d'être organisée et, partant, d'éliminer la conscience.

La conscience, dit-on, est un épiphénomène, quelque chose de surajouté et presque d'indifférent. C'est, en tout cas, une fonction primordiale de toute matière vivante, à quelque degré de différenciation que le travail physiologique ait porté cette substance. Cette fonction ne s'est manifestée, avec une force et un éclat toujours plus grands, qu'en se créant des organes et des appareils de perfectionnement dont le système nerveux central des mammifères, et en particulier le cerveau de l'homme, est la plus haute expression. Mais la pensée, avec les réactions de tout genre par lesquelles elle se révèle et rayonne sur le reste de la nature, n'est qu'un mode, il faut le répéter, d'une fonction générale de la matière vivante, la sensibilité. Voilà la propriété fondamentale de la vie psychique, à tous les degrés et dans tous les états d'organisation, stable ou instable, pendant les périodes d'évolution et d'involution des diverses faunes de cette planète. Or, la sensibilité est un état de conscience.

Tous les centres nerveux, y compris le cerveau, sont des appareils dont l'intervention est nécessaire pour déterminer, même d'une manière absolument automatique, sur les « appareils moteurs », les excitations de toute nature qui, de la périphérie de l'organisme, se propagent par les nerfs sensibles, excitations qui ont pour effet un accroissement de l'activité fonctionnelle de ces appareils centraux. Ces faits, rapprochés de beaucoup d'autres, permettent de croire que, « si le cerveau est l'organe de la *psyché*, d'autres fonctions, en dehors et au-dessous du seuil de la conscience, ne laissent pas de lui appartenir en propre, lesquelles, s'étendant à tout l'appareil esthésio-kinésiodique, doivent apporter de profondes modifications dans les processus d'échanges des tissus. Le cerveau, par conséquent, et plus spécialement les hémisphères, c'est-à-dire la partie qu'on croit être le substratum nécessaire des fonctions mentales, exercerait ainsi, sur tout l'organisme, une influence qu'on peut appeler *trophique* au sens large du mot. Ce ne serait d'ailleurs qu'un cas

spécial d'une loi qu'on peut tenir pour une des mieux fondées en physiologie sur les observations et les expériences : *Les échanges chimiques de tous les tissus du corps, et par conséquent ceux de l'organisme entier, sont réglés, chez les animaux supérieurs, par le système nerveux central. Les échanges matériels de l'organisme constituent donc une fonction nerveuse* ».

Parmi les nombreux arguments qu'on peut faire valoir en faveur du fait qu'exprime cette loi, l'action trophique du système nerveux sur les tissus de l'organisme, loi fondée sur les résultats de la physiologie et de la pathologie expérimentales, voici ceux qui paraissent les plus démonstratifs :

1° Un rapport direct existe entre les *sensations* et les *échanges* puisque toutes les excitations des organes des sens exercent une influence accélératrice sur les échanges organiques. Pour la *lumière*, le fait, d'abord établi par Jacques Moleschott (1), a été confirmé par Selmi et Piacentini, R. Pott, O. v. Platen. En étudiant l'action de la lumière sur la durée de la vie, la perte de poids, la température et la quantité de glycogène hépatique et musculaire chez les pigeons soumis au jeûne, Aducco a trouvé que, lorsque ces animaux sont tenus dans une obscurité complète, la durée de la vie est plus longue, la perte journalière de poids et la consommation de glycogène moindres que chez des pigeons exposés à la lumière (1889). Mêmes effets chez les animaux en état d'hibernation, ce qui prouve que cette action existe indépendamment des mouvements (Fubini et Benedicenti) ; l'effet de la lumière se manifeste par une augmentation d'absorption d'O et d'élimination de CO^2. Les excitations *cutanées* et celles de l'organe de l'*ouïe* exercent une influence analogue (Röhrig et Zuntz, Wartanoff, etc.). Il en est ainsi des rayons de Röntgen ;

2° Dans le *sommeil*, quelque interprétation qu'on en donne, l'activité des centres nerveux diminue notablement ; les processus d'échange des tissus sont ralentis (Scharling, Pettenkofer et Voit, Liebermeister, Quincke, Beaunis, Laehr, Breisacher, Pflüger). Dans le sommeil hivernal des animaux hibernants, les échanges respiratoires et, partant, l'oxydation des tissus, sont réduits au minimum (Quincke, Delsaux) ;

3° L'absorption de *substances excitatrices des centres nerveux* augmente la destruction des substances albuminoïdes des tissus, ce qui détermine une diminution dans le rapport de l'acide phosphorique à l'azote durant la période d'excitation et une augmentation relative de l'acide phosphorique dans la période de dépression consécutive (Zuelzer, Strübing). Les *substances narcotiques* réaliseraient ce dernier résultat ;

4° Chez les animaux *curarisés*, les échanges diminuent considérablement (Zuntz et Röhrig) ; dès que le système nerveux ne peut plus agir sur les muscles, les processus d'oxydation baissent beaucoup (Pflüger) ;

5° La *section des troncs nerveux* qui innervent les *glandes* et les *muscles* amène la dégénération aiguë de ces organes, ce qui n'arrive pas quand ceux-ci, même pendant de longues périodes, sont simplement condamnés à un repos absolu. Le fait, noté par Baldi, que les éléments épithéliaux d'un membre paralysé par la section des racines antérieures ou

(1) Jac. Moleschott. *Ueber den Einfluss des Lichts auf die Menge der vom Thierkörper ausgeschiedenen Kohlensäure*. Wiener med. Wochenschr., 1855.

des racines postérieures de la moelle se renouvellent bien plus lentement que ceux des parties normalement innervées, témoigne de l'existence d'une *fonction trophique,* au sens large du mot, des centres nerveux sur les tissus de l'organisme ;

6° On sait depuis longtemps qu'on peut produire une *glycosurie expérimentale* non seulement par la piqûre du plancher du quatrième ventricule (Cl. Bernard), mais par les lésions les plus variées du cervelet, de la moelle épinière, des nerfs périphériques, des ganglions du sympathique (Schiff, Munk, Luciani, Eckhard, etc.). Lustig a récemment découvert que l'extirpation du plexus cœliaque (chiens et lapins) détermine de l'*acétonurie,* parfois accompagnée de glycosurie et d'autres troubles dans les échanges (1889, 1890, 1892) (1) ;

7° L'intégrité des centres nerveux est nécessaire à l'oxydation normale des produits d'échange, qui autrement s'accumuleraient dans l'organisme. Ainsi la *section de la moelle épinière* au niveau des dernières vertèbres cervicales et des premières dorsales amène une augmentation de la quantité totale d'hydrates de carbone (sucre, glycogène) contenus dans le corps de l'animal (Boehm et Hoffmann). Les *lésions de la moelle allongée,* outre les troubles connus, détermine une augmentation d'urée et une diminution des gaz dans le sang ;

8° Après la lésion ou l'irritation de certaines régions du cerveau, d'une partie du corps strié, par exemple (Aronsohn et Sachs), *une élévation fébrile de la température* peut en résulter avec augmentation d'absorption d'O et d'élimination de CO^2, accompagnée d'une destruction plus intense des albuminoïdes de l'organisme. Lorsqu'au contraire une partie du système nerveux est séparée du cerveau ou mise hors de fonction, le dégagement de CO^2 diminue beaucoup.

Tous ces faits, entre beaucoup d'autres, prouvent que le système nerveux est le régulateur direct des combustions des tissus et partant de la température du corps.

Le système nerveux, dans son ensemble, exerce donc une influence nettement appréciable sur le trophisme des tissus de l'organisme. Les excitations des organes des sens, d'une part, les mouvements, les sécrétions et les phénomènes vaso-moteurs de l'autre, s'accompagnent également de modifications chimiques dans l'activité des tissus. « Or, toutes ces actions peuvent être ou ne pas être associées à des modifications de la conscience ; elles peuvent éveiller ou suivre l'activité de la psyché. » Comment vérifier objectivement ce qui advient dans chaque cas particulier? « Nous sommes, dit Belmondo, dans l'impossibilité pratique de scinder dans leurs effets respectifs ce qui appartient au côté psychique du phénomène — l'état de conscience — de ce qui provoque cet état (le stimulus physiologique) ou l'extériorise. » Voilà ce qu'il faut avoir présent à l'esprit dans une *analyse* vraiment exacte des fonctions cérébrales. Notre ignorance à cet égard ne saurait servir plus longtemps d'excuse à la confusion qui consiste à attribuer à une cause psychique un

---

(1) Cf. Oddi. *Sull'acetonuria e glicosuria sperimentale.* Lo Speriment., 1892. — *Sugli effett dell'estirpazione del plesso celiaco.* Ibid.

effet physico-chimique, effet que le travail cérébral inconscient peut produire de la même façon et avec la même intensité que l'état de conscience des hémisphères cérébraux (1).

C'est pour élucider un des points de ce problème complexe — l'influence trophique du système nerveux, considéré comme régulateur des échanges matériels, sur les tissus de l'organisme — que Belmondo a institué des expériences. Les hémisphères cérébraux eux-mêmes, l'écorce du cerveau, exercent-ils ou non un effet sur les échanges chimiques des tissus et, partant, sur l'organisme entier ? A cet effet, il a cherché à déterminer, avec la quantité moyenne d'azote éliminée par un animal dans les conditions physiologiques, celle qu'on peut recueillir alors que le même organisme, par suite de l'ablation des hémisphères cérébraux, se trouve subitement soustrait à l'influence de l'écorce. L'expérience idéale devrait porter sur des mammifères ; Belmondo le reconnaît ; en outre, quand la technique le permettra, on devra, dans cette opération, « procéder à l'analyse de l'influence trophique qu'exercent peut-être les différentes portions de l'écorce ». Il n'a pu, on le conçoit, que décérébrer des oiseaux ; il faut alors, dans la période de rétablissement qui suit l'opération, les nourrir artificiellement, les maintenir dans une température ambiante uniforme (de 15 à 20 degrés) et mêler à leur boisson quelques légers antiseptiques. Les oiseaux supportent très bien le jeûne, en général, beaucoup mieux que les petits mammifères herbivores et que les rongeurs. Les pigeons destinés à ces expériences étaient d'une race très grande et très vigoureuse ; presque tous avaient un an ; leur poids était d'environ 500 grammes. La guérison de l'ablation des hémisphères cérébraux a eu lieu d'ordinaire *per primam* ; le pigeon se remettait facilement de ce traumatisme, mais « l'absence de spontanéité qui caractérise les animaux privés d'hémisphères cérébraux était, pour toujours, *absolue* ». Quand les phénomènes irritatifs consécutifs au traumatisme opératoire avaient disparu, vingt et un jours au minimum après l'opération, soixante-neuf jours au maximum, et qu'une sorte d'adaptation nouvelle de l'organisme aux nouvelles conditions de vie avait eu lieu, la deuxième période expérimentale commençait. Chaque matin, on mesurait la température rectale du pigeon décérébré, on le pesait et on recueillait les excréments émis dans les vingt-quatre heures précédentes. Le *dosage de l'azote organique* était alors exécuté au moyen de la méthode de Kjeldahl. Les tables qui accompagnent le Mémoire de Belmondo permettent d'embrasser dans une sorte de vue d'ensemble, avec le détail des expériences, les résultats obtenus ainsi chez chacun des animaux. Voici le résumé qu'en donne ce savant :

La *diminution progressive de poids* et *l'élimination d'azote,* durant le jeûne, chez les pigeons décérébrés, sont notablement *inférieures* à celles que subissent les pigeons normaux placés dans les mêmes conditions. La quantité d'azote éliminée par les pigeons décérébrés tombe *au-dessous de la moitié* de celle qu'éliminent, dans les mêmes conditions externes, des pigeons sains. En prolongeant l'expérience durant six jours (durée maxima des expériences), le rapport de l'azote éliminé par les pigeons décérébrés à la quantité d'azote éliminée par les pigeons sains, s'élève, en fait, à 45 pour 100.

Enfin Belmondo a étudié, non seulement chez les pigeons normaux, comme l'avaient déjà fait Chossat et Charles Richet, pour le poids du corps, mais chez les pigeons décéré-

---

(1) Belmondo. *Ibid.*, p. 682.

brés, et la diminution du poids du corps et l'élimination par heure de l'azote pendant le jeûne.

		Azote éliminé par kilog. et par heure.
Pigeons sains	Dans les 4 premiers jours du jeûne	0,0244
	Pour un jeûne de 6 jours	0,0224
Pigeons décérébrés	Dans les 4 premiers jours du jeûne	0,0114
	Pour un jeûne de 6 jours	0,0101

La lenteur relative de l'abaissement du poids du corps durant le jeûne ainsi que la diminution frappante d'élimination de l'azote chez les pigeons décérébrés, comparés aux pigeons normaux, sont deux faits qui se complètent réciproquement et démontrent « l'influence énorme que les *hémisphères cérébraux* exercent sur les échanges généraux de l'organisme, et en particulier sur la *destruction des albuminoïdes* ».

Si l'on prend garde que les chiffres exprimant la quantité d'azote éliminé par les pigeons sains et par les pigeons décérébrés diffèrent beaucoup plus que ceux qui indiquent la diminution du poids du corps, on inclinera à penser que les autres facteurs de la déperdition de poids, l'exhalation de CO^2 par exemple, ne subissent point, du fait de la décérébration, des modifications comparables à celle qu'accuse l'élimination de l'azote. On sait, par ailleurs, que le dégagement de CO^2 n'est pas diminué chez les pigeons privés d'hémisphères cérébraux (Corin et A. van Beneden). Belmondo a prévu l'objection qu'on pourrait élever en rapportant la diminution d'azote enregistrée chez les pigeons décérébrés, non pas tant à l'influence directe du cerveau sur le métabolisme des tissus, ce qu'il admet, qu'au fait que ces oiseaux n'exécutent plus de mouvements spontanés et que l'effet du travail musculaire ne figure plus par conséquent dans les échanges. Cette objection tombe d'elle-même pour plusieurs raisons. D'abord les pigeons décérébrés s'agitent dans leur volière au moins autant, sinon plus, que ceux qui n'ont pas subi cette opération. Les produits de desquamation cutanée, très abondante chez les oiseaux, et la pullulation des parasites constituaient d'autres causes de stimulation énergique de la peau et de furieux mouvements de grattage avec le bec. Donc, à cet égard, point de différence entre les pigeons sains et les pigeons décérébrés. En outre, d'après les dernières recherches, l'influence du travail musculaire sur l'élimination de l'azote est à peu près nulle. Les expériences de Fick et Wislicenus, celles de Voit, de Pettenkofer et Voit, etc., ont établi que la source de beaucoup la plus importante, sinon l'unique source de la force musculaire, consiste dans l'oxydation des substances ternaires, et spécialement du glycogène musculaire et du sucre du sang (Seegen). Un travail musculaire d'une certaine intensité détermine bien une plus grande absorption d'O et une plus grande exhalation de CO^2 ; il n'augmente pas l'élimination de l'azote.

Belmondo a pu constater, dans les quatre premiers jours qui ont suivi immédiatement l'ablation des hémisphères cérébraux, une destruction énorme de substances albuminoïdes se traduisant par une diminution extrêmement rapide du poids du corps et par une quantité extraordinaire d'azote éliminé. « Cette observation, ajoute-t-il, nous fait croire que les hémisphères n'exercent pas d'une manière directe leur influence trophique ou régulatrice d'échange, mais *par l'intermédiaire de centres nerveux inférieurs* », de centres mésencéphaliques. En somme, ces expériences prouvent bien l'action régulatrice exercée par le cerveau sur le métabolisme organique, sous forme d'*action trophique*, servant à exciter la rénovation des tissus : « Cette action, tout nous autorise à croire qu'elle a lieu en dehors du champ psychique ; c'est une fonction à laquelle est de tous points étrangère la conscience.

Cette fonction se réalise au moyen du mécanisme suivant (1). Le cerveau intact — ainsi que d'autres centres nerveux le peuvent faire dans des limites moins étendues, les centres de la moelle épinière, par exemple, — envoie aux tissus, sous forme de *tonus chimique*, un afflux continu de stimulations, qu'il reçoit lui-même de la périphérie sous forme d'*excitations sensorielles, sensitives, musculaires, viscérales*, lesquelles n'ont pas besoin d'être perçues par la conscience, et, quand elles le sont, constituent cet ensemble de *sensations obscures* que nous *percevons* dans nos états de bien-être et de mal-être général ainsi que dans la capacité fonctionnelle de nos appareils de sensibilité et de mouvement. Cette *onde réflexe incessante* est précisément celle qui, par l'activité dans laquelle elle maintient tous les éléments de l'organisme, accélère puissamment les *échanges chimiques dans les tissus*. Elle manque ou est décidément incomplète lorsque manque une partie du système nerveux aussi importante que les hémisphères cérébraux, et l'on conçoit comment les échanges peuvent alors devenir pour ainsi dire torpides, et cela non pas tant pour les processus d'oxydation des substances non azotées, qui servent surtout à maintenir la température nécessaire à la vie de l'animal, que pour ce qui a trait à la nutrition propre des éléments des tissus dont le renouvellement plus ou moins rapide nous est indiqué par la quantité d'azote éliminé ».

En résumé :

1° Le cerveau a la plus grande influence sur les échanges matériels de l'organisme entier ; il contribue, avec les centres nerveux inférieurs, à régler la nutrition par l'action notable qu'il exerce sur les décompositions des albumines et par conséquent sur la rénovation continue des éléments constitutifs des tissus. Cette influence, qu'on peut appeler *trophique*, est commune à tous les centres nerveux. Les centres spinaux exercent leur action sur les territoires limités auxquels se distribuent leurs nerfs, tandis que « les hémisphères agissent probablement par l'intermédiaire des centres du mésencéphale », en réglant le métabolisme du corps tout entier. Cette action semble avoir lieu, que la conscience existe ou non, par l'effet d'excitations qui, de la périphérie, se propagent sous forme d'ondes continues jusqu'à l'écorce cérébrale au moyen des nerfs de sensibilité ;

2° Rien ne prouve que, *par lui-même*, le système nerveux, y compris le cerveau, soit jamais le siège de processus métaboliques très actifs. De là la *présomption* que les échanges s'accomplissent lentement dans les éléments nerveux et que ces éléments ne dépensent jamais, pour aucune de leurs fonctions, une grande somme de travail. Le seul argument qu'on pourrait opposer à cette manière de voir, c'est que les centres nerveux, plus que toute autre partie du corps, cessent de fonctionner et meurent quand le sang oxygéné cesse de les irriguer. Mais quelle quantité d'oxygène est absorbée par les éléments nerveux ? « Les recherches bio-chimiques jusqu'ici réalisées n'établissent pas, on le sait, qu'il existe dans le tissu nerveux d'actifs processus d'oxydation » (SPECK). Si l'on admet que la fonction du cerveau est surtout celle d'un *commutateur*, on conçoit que son activité n'exige pas de grandes transformations d'énergie. En termes de mécanique, on pourrait dire que « l'office des centres nerveux n'est pas de produire des forces, mais d'en varier le point d'application ».

Quant aux *fonctions psychiques* en particulier, voici ce qui ressort des observations : a) non seulement on ne peut prouver qu'elles soient liées à une augmentation des échanges

---

(1) *Recherches expérimentales de* ZUNTZ et RÖHRIG, BELMONDO, BELMONDO et ODDI, TOMASINI.

chimiques du cerveau ; b) il ne semble pas davantage que les processus purement psychiques, les simples variations de l'état de conscience, changent ou soient conditionnés d'une manière correspondante aux variations des échanges généraux de l'organisme : « Nous n'avons jusqu'ici aucun fait positif pour admettre qu'un acte psychique — un mouvement ou une série coordonnée de contractions musculaires accompagnées de conscience — soit lié à des modifications d'échange plus grandes ou différentes de celles qui ont lieu pour le même acte ou pour un acte équivalent non accompagné d'états de conscience, c'est-à-dire pour un acte réflexe ou automatique. ».

D'hypothèses, il vaudrait mieux n'en point faire. Quant aux *solutions possibles* du problème des rapports des fonctions psychiques avec les autres phénomènes biologiques, Belmondo en indique trois, dont les deux premières s'accordent le mieux avec l'orientation actuelle de la pensée scientifique et philosophique :

1° La *loi physique de la conscience*, d'Herzen, pourrait peut-être se trouver vraie un jour, si elle était démontrée : la conscience est unie exclusivement à la désintégration fonctionnelle des éléments nerveux centraux ; son intensité est en proportion directe de cette désintégration, en proportion inverse de la facilité avec laquelle chacun de ces éléments propage à d'autres éléments le processus de désintégration qui l'a affecté et avec laquelle il revient à la phase de réintégration. Cette loi manque encore de toute démonstration. Le rapport qu'admet Herzen entre l'intensité de la conscience, c'est-à-dire de l'élément psychique des faits cérébraux, et la désintégration des cellules nerveuses, devrait pouvoir être étudié au moyen des méthodes actuelles d'investigation physiologique et clinique. Il reste toujours, il est vrai, l'impossibilité d'isoler l'élément psychique des phénomènes cérébraux, afin de pouvoir l'observer séparément ;

2° Comme l'admet Bunge (1), entre autres auteurs, le phénomène psychique, au lieu d'être la *cause directe* des mouvements volontaires de la vie animale, pourrait n'en être que l'*occasion*; il mettrait simplement en jeu le dynamisme organique, lequel peut l'être d'une manière absolument automatique, inconsciente, sans l'intervention de la volonté. Dans cette manière de voir, l'importance mécanique des phénomènes mentaux diminuerait beaucoup. L'influence minime qu'exercent sur les échanges de l'organisme les phénomènes psychiques n'aurait plus lieu de surprendre. « Quelque petits que puissent être, dans cette seconde solution, les représentants physico-chimiques du travail mental, on ne devrait point désespérer que des perfectionnements, encore impossibles à prévoir,

---

(1) G. Bunge. Lehrbuch d. physiol. und pathol. Chemie, III[e] Aufl., 1894.

de nos méthodes d'investigation — toujours en supposant qu'il devienne possible d'isoler le fait psychique de tout autre phénomène biologique et de l'analyser — ne permettent un jour d'évaluer exactement la combinaison ou la réduction des fractions infinitésimales de matière organique et de mesurer les quantités extraordinairement minimes de chaleur dégagée ou absorbée » (1).

---

(1) BELMONDO a signalé aussi la part considérable qui pourrait revenir à la morphologie cellulaire pour la solution de ce problème. S'il était prouvé que des états donnés de conscience, l'association des idées, les impulsions volontaires, peuvent résulter soit de *changements temporaires dans les connexions des prolongements des cellules nerveuses* (hypothèse du « commutateur »), soit de dispositions et de groupements variés et variables des éléments constituants du corps de la cellule nerveuse, on posséderait une démonstration anatomique de la base physique des processus mentaux. Ces « recherches cytologiques » n'ont pas la portée que BELMONDO leur attribue. Il est certain que si des mouvements amiboïdes se produisaient dans le corps et dans les prolongements des neurones, on ne saurait surprendre, d'une manière plus directe, l'aspect en quelque sorte objectif des processus psychiques. Mais l'hypothèse de RABL-RÜCKHARD sur l'amiboïsme des cellules nerveuses n'est qu'une hypothèse pure, un jeu d'esprit, et la *nature nerveuse* des éléments mobiles du cerveau de *Leptodora hyalina* a été révoquée en doute par WIEDERSHEIM lui-même. Nous avons rappelé les objections de KÖLLIKER, de LENHOSSEK, de S. RAMON Y CAJAL et indiqué les sources, avec les propositions authentiques, des textes de RABL-RÜCKHARD et de WIEDERSHEIM.

THÉORIE DES ÉMOTIONS

LA DOULEUR
LE RIRE ET LE PLEURER SPASMODIQUES

Douleur. — Thermoesthésie. — La douleur n'est pas une sensation : c'est un mode de la sensibilité, une forme du sentiment, du ton affectif, toujours associé à quelque sensation, tactile, musculaire, articulaire, tendineuse, etc. Il ne saurait donc exister d'*organes* périphériques de la douleur, ni de *nerfs* spéciaux dont l'excitation la puisse provoquer, ni de *centres* de perception, séparés et distincts, dans le cerveau, pour la conscience de cette modalité de la sensibilité générale (Dana). Les physiologistes allemands entendent, on le sait, par le mot (*Gemeingefühl*) des états, agréables ou désagréables (*Gefühlston*), de cénesthésie qui ne sauraient être ni décrits ni comparés, et se rapportent aux sensations de la faim et de la soif, de dégoût, de fatigue, de frisson, de vertige, de chatouillement, de volupté ou de douleur, de bien-être ou de mal-être (santé et indisposition), de gêne ou de facilité de la respiration, de la circulation, etc. La durée de ces états ne coïncide point avec celle de l'action qui les détermine ; ils n'apparaissent et grandissent qu'après qu'un temps plus ou moins long a suivi l'excitation ; ils persistent et survivent à la cause d'irritation. Aucune notion des objets qui les ont provoqués ne s'associe à ces états (1). Toute excitation d'un nerf sensible — mécanique, thermique, chimique, électrique, trophique, etc. — peut produire de la douleur, que l'excitation porte sur le centre, le parcours ou la terminaison de ce nerf. Quoique centrale, la douleur est toujours localisée à la périphérie (loi de la perception excentrique, illusion des amputés). Il existe une « douleur centrale », quoique toujours localisée périphériquement : ces états sont communs dans l'hypocondrie, l'hystérie, l'aura épileptique, etc. L'irritation des organes centraux du système nerveux détermine de la douleur au

---

(1) E. H. Weber. *Tastsinn und Gemeingefühl.* Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, III, 1846.

même titre que l'excitation des appareils périphériques des sens, et sans doute aussi des ganglions cérébro-spinaux et des racines postérieures.

Quoique les observations cliniques soient plutôt contraires à l'opinion suivant laquelle les centres nerveux seraient, comme les racines et les terminaisons nerveuses, l'origine de douleurs véritables, on a constaté de violentes et persistantes douleurs névralgiformes des extrémités dans les tumeurs du pont de Varole, comme en témoigne Nothnagel (1). Les foyers d'hémorrhagie et de ramollissement de la même région ont déterminé des effets semblables, à cet égard. Outre des douleurs spontanées, une hyperalgésie de la peau peut encore se produire : « Immédiatement après une attaque d'apoplexie une hyperalgésie cutanée tout à fait manifeste des extrémités a été plusieurs fois notée lorsqu'il existait des lésions en foyer du pont. Le même phénomène pourrait-il apparaître dans les lésions du *pedunculus cerebri*, du segment postérieur de la capsule interne ? Les observations font encore ici défaut. » Wernicke estime que la sensibilité douloureuse du cerveau a uniquement pour foyers les parties constituées d'amas de substance grise, telles que le pont, la la moelle allongée, le *thalamus opticus*, les tubercules quadrijumeaux. Les lésions des tubercules quadrijumeaux et des couches optiques semblent être douloureuses (Bechterew). D'autres faits encore indiquent que les voies sensitives du cerveau peuvent provoquer le sentiment de la douleur. Une femme de 74 ans, après plusieurs attaques d'apoplexie, était affectée de mouvements choréiformes du côté gauche, surtout du bras, et d'hyperesthésie avec douleurs déchirantes dans ce bras, plus faibles dans la jambe ; la chorée se dissipa, mais les douleurs persistèrent jusqu'à la mort. On trouva à l'autopsie des foyers dans l'hémisphère cérébelleux gauche, à la base du lobe occipital droit et deux foyers du thalamus droit (Greiff) (2). Henschen a fait connaître un cas d'hémorrhagie du *thalamus opticus* gauche dont les *premiers symptômes* consistèrent en douleurs du bras droit ; la paralysie motrice ne s'installa qu'ensuite (3). Dans un cas décrit et analysé par Eisenlohr, où les phénomènes indiquaient une lésion du thalamus et de la voie sensitive adjacente de la capsule interne, existaient des douleurs tenaces dans les mouvements actifs et passifs des membres affectés. Il n'y a pas encore d'observations qui démontrent que l'excitation directe des cellules des centres nerveux au moyen de stimulations mécaniques, etc., détermine la production de la douleur. On ne peut guère plus douter de l'existence de névralgies de nature *centrale*, partant peut-être de la substance grise de la moelle épinière ou des noyaux des nerfs sensibles (Vulpian, Gowers, etc.). Peut-être, dans tous ces cas, la douleur dépendait-elle moins de l'excitation des faisceaux de fibres myéliniques que de celle des noyaux gris, estime Goldscheider, et probablement des *couches optiques*. Edinger a publié un cas qui prouverait, selon l'auteur, que les douleurs résultaient d'une irritation de la capsule interne.

L'observation clinique et anatomo-pathologique du cas publié par Edinger nous paraît établir l'existence des douleurs de cause centrale (*Zur Lehre vom Schmerze*, 1891) (4). Après une légère attaque d'apoplexie,

---

(1) *Topische Diagnostik der Gehirnkrankh.* (1879), 586.
(2) Arch. f. Psych. u. Nervenkr., XIV, 598. Cité par Goldscheider. *Ueber den Schmerz.*
(3) Klin. u. anatom. Beiträge zur Pathologie des Gehirns (1890), I, 103.
(4) Deutsche Ztschr. f. Nervenheilkunde, 1891, 262.

suivie d'une perte de conscience de courte durée, on nota, dès le jour suivant, chez une femme de 48 ans, une hyperesthésie du côté droit du corps à laquelle s'associèrent, les semaines suivantes, avec une légère parésie du même côté, de très vives douleurs. Ces douleurs persistèrent, sans que rien ait pu les apaiser, pendant deux ans, et leur violence fut telle qu'EDINGER attribue à cette cause le suicide de la malade. L'autopsie et l'étude des coupes en série du cerveau révélèrent l'existence d'un ancien foyer de ramollissement occupant la partie dorsale du *nucleus externus thalami optici* gauche, s'étendant jusque dans le *pulvinar*. Ce foyer se trouvait localisé directement au-dessus des faisceaux sensitifs de la *capsule interne* (segment postérieur) qu'il avait même atteints sur une très petite étendue. Le ruban de REIL du même côté présentait, jusqu'à la région olivaire, une légère atrophie. Toutes les autres parties du cerveau étaient normales. J'attribuerais l'athétose qui, longtemps après l'attaque, s'était montrée sur le bras et la jambe du côté affecté, à la lésion du thalamus, ainsi que l'hémianopsie, également tardive, puisqu'elle n'exista pas durant la première année consécutive à l'attaque. Au contraire, et fait bien significatif, l'hyperesthésie et la douleur ont existé dès le début du mal.

L'excitation, centrale ou périphérique, de tous les nerfs sensibles, soit de la vie de relation, soit de la vie végétative, peut déterminer l'état de cénesthésie appelé *douleur*. Il n'y a donc pas plus de « sens de la douleur » que de voies nerveuses distinctes, dans la moelle épinière ou dans l'encéphale, pour la transmission d'une sensation qui n'existe pas. De même, nous le répétons, il n'y a pas, dans le cerveau, de centres spéciaux de projection de pareils nerfs, aussi imaginaires que les nerfs trophiques. Inutile, par conséquent, de rappeler les hypothèses de BROWN-SÉQUARD, de TSCHIRIEW, etc., à ce sujet. S'il n'existe pas de « nerfs spécifiques de la douleur », comment existerait-il une « sensation » de la douleur ?

Il ne saurait exister dans la moelle épinière, écrit MANN, deux voies distinctes et séparées, l'une pour les *sensations de douleur* et de *température*, l'autre pour les *sensations de contact*(1). Il est probable que ces dernières, les sensations *tactiles*, outre une voie directe, suivent aussi une « voie de sommation » (*Summationsbahn*) et que, par l'addition des *stimuli*, *un phénomène de sommation se produit, avec son symptôme, la douleur*. L. MANN rejette en conséquence la doctrine d'une conduction séparée de ces sensations. Le nombre et la variété extraordinaire des voies nerveuses qui servent à la transmission des sensations tactiles dans le névraxe

(1) LUDWIG MANN (Breslau). *Klinische und anatomische Beiträge zur Lehre von der spinalen Hemiplegie*. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., X, 1896.

expliquent le fait bien connu, que ces sensations persistent alors même qu'une lésion destructive a interrompu dans la moelle épinière la continuité de ces faisceaux : il doit toujours rester, en ce cas, des fibres centripètes qui n'ont pas été détruites.

La douleur, comme le plaisir, apparaît donc comme un phénomène de sommation d'excitations perçues par le télencéphale. La douleur en particulier résulte de l'addition d'excitations produites soit par un traumatisme, soit par un foyer d'inflammation, soit par des lésions irritatives ou destructives des centres nerveux. Le plaisir est l'effet d'une stimulation persistante d'un point du tégument, stimulation dont le ton affectif peut passer insensiblement du sentiment du plaisir à celui de la douleur. « En général, a écrit Goldscheider, la douleur présente dans sa nature une certaine ressemblance avec le chatouillement qui, évidemment, est aussi un phénomène de sommation et qui se caractérise également par la persistance de la sensation, par son irradiation et son rapport avec la production de mouvements réflexes étendus. Tant les contraires se touchent dans la volupté et la douleur (1) ! »

L'excitation plus ou moins intense et continue d'un nerf sensible produit, par la sommation des effets de cette excitation, le sentiment de la douleur. Si le centre nerveux correspondant est hyperesthésié, s'il se trouve en équilibre instable et que sa force de tension soit très faible, la plus minime excitation déterminera la production du ton affectif de la douleur. La sensibilité tactile, musculaire, articulaire, tendineuse, etc., aussi bien que la sensibilité viscérale du grand sympathique, non douloureuses pour la conscience à l'état normal, peuvent le devenir du fait de la sommation des excitations transmises par les collatérales des faisceaux postérieurs à la substance grise centrale de la moelle épinière. Il n'existe d'ailleurs ni organes périphériques, ni nerfs, ni centres nerveux spécialement affectés à cette « modalité de la sensation ». « Elle est plutôt inhérente à l'activité de tous les centres sensitifs et peut-être de tous les centres nerveux, toutes les fois que ces centres sont excités d'une certaine façon, encore inconnue, et avec une certaine intensité » (Beaunis). L'ébranlement du système nerveux et de la perception consciente, actuelle ou ravivée, de la douleur, persiste bien plus longtemps que la cause. C'est par là surtout que la douleur ressemble aux fonctions supérieures du cerveau. Nul doute qu'elle ne soit un phénomène cérébral (Goldscheider), une « fonction

---

(1) Goldscheider. *Ueber den Schmerz*, 31. Cf. pourtant H. Schlesinger. *Die Syringomyelie*, p. 65, où il témoigne avoir souvent provoqué les réflexes du chatouillement de la plante des pieds, entre autres, lorsque les points stimulés étaient analgésiques. Il a trouvé des réflexes exaltés du chatouillement coexistant avec l'abolition du sentiment de la douleur et de la sensibilité thermique.

intellectuelle d'autant plus parfaite que l'intelligence est plus développée » (CH. RICHET); elle est obtuse et presque nulle chez l'idiot et le dément. Les anesthésiques (chloroforme, éther, opium, etc.) agissent surtout en supprimant le souvenir, le retentissement prolongé de la douleur, ce qui revient, a dit RICHET, à supprimer la douleur même, en tant, naturellement, que phénomène télencéphalique. Car sur les vertébrés décérébrés, l'excitation, qui n'est plus douloureuse, du nerf sciatique, produit encore le ralentissement ou l'arrêt du cœur (LUSSANA). La douleur morale, l'hyperalgésie psychique, détermine, à l'égal de la stimulation des nerfs crâniens et rachidiens, un ralentissement des mouvements du cœur, des troubles des mouvements de la respiration, une contraction spasmodique des vaisseaux cutanés (pâleur, froid, etc.). Dans ce cas, l'excitation est transmise du cerveau aux noyaux bulbaires; mais le résultat est le même. L'excitation douloureuse des nerfs du grand sympathique détermine une angoisse et une dépression profonde qui paralyse toute activité psychique. Le temps qu'exige l'accumulation ou la sommation des excitations afférentes apportées aux centres nerveux explique le retard de la perception du ton affectif que finit par provoquer la perception sensible (1).

« La question des troubles des différentes espèces de sensibilité cutanée ne sera pas éclaircie, dit O. MOCZUTKOWSKY, avant qu'on ne soit parvenu à exciter spécifiquement les différentes terminaisons nerveuses de la peau, sans affecter en même temps d'autres organes terminaux voisins destinés à d'autres espèces de sensibilité cutanée. Ce qui prouve combien nous sommes encore éloignés de la solution de ce problème, c'est le fait qu'on est encore aujourd'hui dans l'incertitude sur la question de savoir quelles terminaisons nerveuses sont destinées aux différentes espèces de sensations cutanées (2). »

Dans cette question, « infiniment compliquée », ainsi que l'appelle ici MOCZUTKOWSKY, quelques physiologistes admettent l'existence de terminaisons nerveuses tout à fait déterminées servant à la conduction de la sensation douloureuse. Il faut pourtant prendre garde, cet auteur en fait la remarque expresse, que la sensation de douleur n'est point liée uniquement à l'excitation des appareils nerveux cutanés : *elle peut être provoquée aussi par l'excitation d'un nerf sensible quelconque et sur n'importe quel point du trajet de*

---

(1) Il résulte des recherches de HOLZINGER, dont BECHTEREW a fait connaître les résultats, qu'après une section des *moitiés latérales de la moelle épinière* au niveau des 3e et 4e vertèbres thoraciques, il se produit une hypesthésie transitoire des parties inférieures du corps. Après une section des *cordons postérieurs* et de la *substance grise antérieure*, pas d'analgésie. Mais la section des *cordons postérieurs* et celle des *deux moitiés postérieures de la moelle épinière* est suivie de l'*analgésie* des régions du corps situés au-dessous de la lésion. Naturellement, la destruction des *cordons postérieurs* entraîne une anesthésie des sensibilités tactile et musculaire. Cette dernière opération a aussi déterminé de l'*ataxie* des extrémités postérieures chez les animaux.

(2) O. O. MOCZUTKOWSKY. *Ueber die Schmerzempfindung der Haut.* Neurol. Centralbl., 1897, 779 sq. — *Un algésimètre. Appareil pour mesurer la sensibilité de la peau à la douleur.* Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière. Paris, 1895, 41-47; fig. 2.

ce nerf. La douleur ne saurait être considérée comme un phénomène physiologique : elle est incompatible avec l'idée de « santé », qui exclut toute sensation de douleur. On trouve pourtant, paraît-il, dans les derniers manuels de physiologie russes, l'expression de « sens douloureux » de la peau. Considérons la douleur comme un phénomène pathologique. Mais, outre ses appareils de défense et de protection, chaque organe ou tissu possède d'autres fonctions encore du même genre, purement *physiologiques*. Or, si *toute* fibre sensitive peut transmettre des sensations douloureuses, si l'on admet, de plus, que tout organe terminal de sensibilité de la peau, — abstraction faite et indépendamment de sa fonction physiologique spéciale, peut être affecté de sensations douloureuses, il ne sera plus nécessaire de supposer l'existence d'appareils spéciaux servant à sentir et à transmettre la douleur. On sait que les températures, soit basses, soit élevées, cessent, au delà de certains degrés, de déterminer des sensations thermiques et provoquent de la douleur. Si l'on croit, avec Goldscheider et Blix, qu'il existe pour le chaud et pour le froid deux sortes d'organes distincts dans la peau, il devient alors possible d'admettre qu'une excitation de chaleur, dépassant la limite ordinaire, doit provoquer, par son intensité, de la douleur. Il en résulte qu'entre la sensation de chaleur et la douleur, provoquées toutes deux par un seul et même stimulus, ne différant qu'en degré, il n'existe qu'une *différence quantitative*. D'où « la nécessité d'admettre qu'un seul et même appareil terminal périphérique manifeste, consécutivement à un seul et même stimulus, dont le degré seul varie, des qualités de sensation essentiellement différentes. »

L'analogie n'est pas moins complète pour d'autres ordres de phénomènes. Entre le *tact*, la *pression* et la *douleur*, la physiologie ne voit qu'une différence quantitative d'une seule et même sensation. A une température indifférente et avec un faible contact, un seul et même corps ne provoque qu'une sensation de contact ; un sentiment de pression, si le contact est plus fort ; de la douleur, s'il est plus fort encore. Ici encore on peut, sans faire violence aux faits, admettre, qu'un seul et même corpuscule du tact peut, étant donnés certains stimuli, provoquer une sensation de tact, de pression, et, au delà d'une certaine intensité, de douleur. Il est donc inutile de supposer l'existence d'appareils destinés uniquement aux sensations de douleur. Et, à ce point de vue, on doit rejeter l'expression de « sens de la douleur » (*Schmerzsinn*); il n'est permis de parler que d'une « sensation de douleur » (*Schmerzempfindung*).

« Ce raisonnement, continue Moczutkowsky, s'accorde aussi bien avec les faits anatomiques que physiologiques. Les tissus qui ne possèdent point de sensations du *tact* ou de la *température* sont aussi très peu sensibles à la *douleur* (les muqueuses des cavités de l'estomac, des intestins, de la vessie, des vésicules biliaires). Les douleurs qui se manifestent dans ces organes trouvent leur explication dans l'excitation directe des terminaisons nerveuses d'un autre type, lesquelles, ainsi que beaucoup d'autres fibres, sont capables de transmettre la douleur (n. vago-sympathicus). » Parmi les diverses méthodes, encore bien grossières, employées par les cliniciens et les physiologistes pour l'investigation des sensations douloureuses, l'auteur russe laisse ici de côté le courant électrique, considéré comme excitant de la douleur, parce que la nature de ce stimulus et celle des altérations des tissus qu'il provoque sont choses encore très peu connues. Il ne parle que d'un autre excitant, le traumatisme que détermine une piqûre, une coupure ou une pression. La cause de la douleur demeure ici toujours la même : c'est toujours un *trauma*, entraînant soit une destruction, soit quelque autre lésion anatomique du tissu nerveux. La forme la plus innocente de cette injure, la piqûre, ne laisse pourtant pas de détruire, léser, comprimer ou irriter des centaines de terminaisons nerveuses, qui servent en même temps à d'autres fonctions physiologiques aussi. Il suit qu'on ne peut dans ce cas considérer la douleur

comme l'effet d'une stimulation d'éléments nerveux tout à fait déterminés, doués d'une fonction également spéciale et déterminée : il s'agit au contraire d'une excitation mixte d'un grand nombre d'appareils nerveux de fonction physiologique entièrement différente. Il se peut que, dans un territoire cutané donné, la *nature de la douleur* soit dans une certaine relation avec les qualités différentes des terminaisons nerveuses qui s'y trouvent. Ainsi la douleur peut être alors *brûlante* ou *sourde, poignante* ou *cuisante,* etc. La *nature,* le *degré* et la *durée* de la douleur doivent dépendre et de la *gravité* de la lésion (piqûre, pression, déchirement, écrasement), et du *nombre* des appareils nerveux terminaux et de leur fonction spécifique (fibres des sensations thermiques et tactiles). Enfin, l'épaisseur de la couche insensible externe et le degré de profondeur de la piqûre ont aussi une grande importance. Le fait clinique qu'au point de la piqûre et de la sensation de vive douleur consécutive certains degrés de sensation tactile et thermique ne sont pas perçus, Moczutkowsky l'explique par cette considération physiologique que l'excitabilité et la conductibilité d'un nerf sont anéanties par une lésion destructive grossière, au moins dans le territoire cutané soumis à ce genre d'irritation. L'auteur russe a décrit, en 1894 (dans le *Wratsch*), un algésimètre, récemment perfectionné par Chazal, à l'aide duquel il a pu établir une localisation topographique de la sensibilité cutanée douloureuse de toute une moitié du corps de l'homme.

Voici quelques-unes des importantes conclusions qui ressortent des examens répétés de l'auteur russe et de ses assistants, pratiqués avec l'appareil inventé par Moczutkowsky.

Chez l'homme sain, les variations de la sensation douloureuse oscillent entre 0,15 — 1,5 mm. de l'algésimètre de Moczutkowsky. Le point central de la sensation minima de douleur est la peau du bassin : cette sensation croît progressivement de ce point dans la direction ascendante (tête, doigts) et descendante (orteils). La sensibilité est la plus vive dans la peau du front, à la naissance des cheveux, dans les plis cutanés des phalanges ; les régions cutanées les moins sensibles sont celles du siège, les plantes des pieds, les talons. Le cuir chevelu est en général très sensible, les têtes chauves éprouvent déjà la sensation de douleur à 0,15 — 0,2 mm. Les points de passage de la peau aux muqueuses sont plus sensibles à la piqûre que les parties cutanées environnantes. Les muqueuses sont moins sensibles à la douleur que la peau. Le degré de sensibilité des différentes muqueuses diffère aussi (face interne de la lèvre inférieure, 0,4 dixièmes de millimètre ; gencive, 0,6 ; pointe de la langue, 0,85 ; dos de la langue, 1,5 ; muqueuse des joues, 0,9 ; gland du pénis, 1,35). Sur la face, la sensibilité à la douleur augmente dans une direction qui, de la commissure labiale, monte au conduit auditif externe et de la mâchoire inférieure au front, c'est-à-dire d'avant en arrière et de bas en haut. Plus la peau est mince (plis des articulations des doigts dans la paume de la main), plus est grande la sensibilité, quoique celle-ci ne soit pas partout en raison inverse de l'épaisseur de la peau. La sensibilité est moins développée sur les parties proéminentes du corps, telles que le nez et le menton, que dans les parties voisines, etc. Chez quelques hommes, la sensibilité du côté gauche du corps est de 0,05 — 0,1 mm. plus élevée que du côté droit, différence en particulier très nette sur les mains. Les parties de la peau les mieux protégées contre les influences extérieures manifestent une sensibilité moindre que celle des autres parties (face interne de la cuisse, région axillaire). Chez les femmes, la sensation de douleur est sur quelques points plus grande que chez l'homme d'environ 0,05 à 0,2 mm. La couche du tissu inter-

posée entre la peau et les os ne laisse pas, nous le répétons, d'avoir de l'importance : plus elle est mince, plus la sensibilité est délicate (front, dos des doigts), quoique cela ne soit vrai qu'en général. Autour des articulations et au voisinage des sutures osseuses, la sensibilité est toujours plus fine. La sensibilité à la douleur croît, sur la face interne des doigts ou des orteils, du pouce ou du gros orteil au petit doigt ou au petit orteil. En général, la sensibilité est plus grande sur le dos des doigts et des orteils que sur la face interne. Le dos des pieds est plus sensible que celui de la main. Au tiers moyen de la cuisse, de la jambe, du bras et de l'avant-bras, la sensibilité à la douleur est diminuée.

Le degré des sensations tactiles n'est point parallèle à celui des sensations douloureuses. Tous les points rapprochés d'une zone cutanée ne réagissent pas par la même sensation de douleur. Cela peut dépendre de ce que la pointe de l'aiguille atteint quelquefois directement une terminaison nerveuse, et par conséquent l'irrite, tandis que d'autres fois elle pénètre dans le canal d'une glande cutanée sans provoquer de douleur. Cette question a d'ailleurs besoin, écrit Moczutkowsky, d'autres recherches. Le degré de la sensibilité à la douleur n'est pas inversement proportionnel à l'épaisseur de la peau : derrière l'oreille, par exemple, où la peau est mince, les sensations de douleur ne sont libérées que par 0,5 mm., tandis qu'à la naissance des cheveux du front où la peau est épaisse, 0,2 mm. suffisent pour provoquer cette sensation. Entre l'épaisseur de la peau, d'une part, et la sensibilité tactile et douloureuse, d'autre part, il n'existe point de rapport direct : sur la peau épaisse de la plante des pieds, la sensibilité tactile est très délicate, la sensibilité douloureuse y est au contraire obtuse. On observe souvent des différences individuelles ; les hommes à cet égard diffèrent moins que les femmes. La sensibilité à la douleur est plus ou moins modifiée par le sommeil, la fatigue du corps ou de l'esprit, les ébranlements psychiques, l'activité de la digestion, l'ingestion de l'alcool, le froid. Les recherches que l'auteur russe a commencées à cet égard sur l'influence de l'hyperhémie de la peau, des courants électriques et des narcotiques, ne sont pas encore terminées (1897). Certains métiers, la couture, le métier de serrurier, de cordonnier, diminuent considérablement la sensibilité à la douleur, en particulier sur les faces palmaires des mains. « L'algésimètre ne nous donne pas seulement des valeurs relatives, mais absolues de la sensation de douleur. L'exercice exerce une influence utile pour l'appréciation des sensations de cette nature : les sujets employés pour ces expériences apprennent ainsi à préciser leurs moindres sensations. » Aucune relation régulière n'a pu être encore établie entre le degré des sensations douloureuses traumatiquement provoquées et les valeurs numériques des sens de la température, de l'espace, du tact et de la pression.

D'après Max von Frey il existerait, pour les sensations douloureuses, des points déterminés de la peau, plus ou moins rapprochés, particulièrement propres à cet ordre de sensations, des *Schmerzpunkte*. Leur distribution serait tout à fait indépendante de celle des « points de pression » (*Druckpunkte*). L'excitation des premiers pourrait donc être déterminée isolément de celle des seconds. Il existerait en moyenne 100 « points de douleur » par centimètre cubique ; les nerfs des « points de douleur » se termineraient plus près de la surface cutanée que ceux des « points de pression ». Ceux-ci posséderaient une sensibilité environ mille fois plus grande que les « points de douleur ». Toutefois la sensibilité de ces derniers augmente avec la diminution de la surface excitée, de sorte que pour

des stimuli dont la surface d'application est très étroite, le seuil de la douleur peut être moins élevé que celui de la pression. Les organes des sensations de pression sont les corpuscules de MEISSNER dans les points de la peau dénudés de poils, corpuscules qui ont été trouvés par MEISSNER au nombre de 100 à 200 par centimètre cube du creux de la main. La sensation de douleur de la peau provient des libres terminaisons nerveuses intraépithéliales. Il n'existe pas d'excitation mécanique qui agisse directement ni sur les organes des sensations de pression, ni sur ceux des sensations de douleur. Les nerfs des points de pression seraient excités par le changement de nature du liquide ambiant, effet de l'élévation de pression exercé sur les tissus par le stimulus. De même l'excitation des nerfs de la douleur serait aussi de nature chimique. La hauteur du seuil de l'excitation mécanique serait due à la solidité de l'épiderme qui oppose une grande résistance aux influences déformantes externes (1).

MAX von FREY admet donc que le « sens de la douleur » (*Schmerzsinn*) possède des appareils terminaux (*Endapparate*) et des nerfs spécifiques (*Leitungsbahnen, Schmerznerven*) de tout point homologues aux autres organes des sens et à leurs conducteurs (2). Il va même jusqu'à croire qu'il y a, d'une part, des sensations pures, c'est-à-dire sans ton affectif (*unbetonte Empfindungen*), et, d'autre part, de purs sentiments oủ états cénesthésiques (*Gefühle*), indépendants de toute sensation; le ton affectif (*Gefühlston*) cesserait d'être un attribut nécessaire de toute sensation s'élevant au-dessus du seuil de la conscience ! A côté des points cutanés du froid ou du chaud, ou de la pression, il y aurait des points purement « douloureux » (*Schmerzpunkten*). Le contact de ces points, soit avec une fine épingle, soit avec des cheveux de calibre différent, provoquerait la douleur sans sensation de pression ni de toucher. Un examen plus exact permettrait même de déceler et de distinguer localement l'existence de deux ondes d'excitation au moins, une onde de sensation de pression, et une onde de « sensation » de douleur. Certains territoires cutanés ne sentiraient, les uns que la pression (*Druck*), les autres que la douleur (*Schmerz*). Tel organe, la cornée, par exemple, ne répondrait au plus léger contact que par la douleur, et par la douleur seule, sans que le seuil d'excitation ait besoin d'être plus élevé que celui de la pression, au contraire. Mais W.-A. NAGEL a constaté que la cornée possède au contraire la sensation pure de contact

(1) MAX von FREY. *Untersuchungen über die Sinnesfunctionen der menschlichen Haut*. Abhandlungen d. mathem.-phys. Cl. d. K. Sächsisch. Gesells. d. Wiss. Bd. XXIII, 1896. Leipzig.

(2) MAX von FREY. *Die Gefühle und ihr Verhältniss zu den Empfindungen*. Leipz., 1894. — *Beiträge zur Physiologie des Schmerzsinnes*. Ber. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math. phys. Cl. 1894.

et celle de froid (1) ; les excitations thermiques sont senties comme excitations de contact sur plusieurs points de la conjonctive et de la cornée ; sur d'autres ils ne le seraient pas ; la fréquence des points anesthésiques, surtout sur la cornée, varierait avec les individus. La caroncule sent aussi bien la chaleur que le froid dans la plupart des cas. Le réflexe d'occlusion des paupières est beaucoup moins vif au contact de la cornée et de la conjonctive avec un corps chaud qu'avec un objet froid. Le contact des points anesthésiques de la cornée ou de la conjonctive n'est jamais suivi de ce réflexe. Nagel est tout à fait opposé à l'hypothèse de nerfs spéciaux de la douleur (2). Les caractères différentiels attribués par Max von Frey à la douleur, considérée comme une sensation spécifique d'un sens spécial, le *sens de la douleur,* semblable aux autres sens, sont les suivants : 1° les organes du sens de la douleur sont à peu près distribués sur tout le corps ; 2° la sensation de douleur (*Schmerzempfindung*) est rapportée beaucoup moins à l'objet qui la provoque qu'à l'organe affecté ; 3° la douleur se distingue par son rapport étroit avec la production des réflexes. Goldscheider, qui se déclare nettement aujourd'hui *contre l'hypothèse de l'existence de nerfs spécifiques de la douleur* (3), et qui attribue ce sentiment *exclusivement* à l'activité propre des nerfs des sens de la pression et de la sensibilité générale ou commune (*Drucksinn-und Gemeingefühlsnerven*), concède à Max v. Frey qu'il existe bien en effet des « points de douleur » (*Schmerzpunkte*), points qu'il connaît, dit-il, depuis longtemps ; mais, loin d'être le siège d'organes ou d'appareils périphériques en rapport avec de prétendus nerfs dolorifères, ces points contiendraient seulement certaines structures dont la stimulation, même minime, produirait un état d'excitation s'élevant jusqu'au seuil de la douleur et le dépassant (4).

La conduction centrale des impressions dont la somme détermine la douleur, quand les conditions nécessaires de durée et d'intensité de ces impressions sont réalisées, aussi bien que celles de l'état d'excitabilité

---

(1) W. A. Nagel. *Die Sensibilität der Conjunctiva und Cornea.* Pflüger's Archiv, vol. LIX.

(2) La grande majorité des « points cutanés du froid » ont été trouvés également sensibles à la chaleur. Si les « points du chaud » ne répondent, d'une manière spécifique, à l'excitation que par la sensation de chaleur, ceux du froid, qui ne réagiraient, d'une manière également spécifique, que sous l'influence de l'excitation mécanique, ne laissent pas de produire une sensation de chaleur lorsqu'on les excite avec des cylindres d'une température de + 47 à + 50 C. Ils ne sont donc pas, au moins pour la plupart, insensibles pour les stimulations thermiques de nom contraire. Fr. Kiesow. *Untersuchungen über Temperaturempfindungen* (Philos. Studien, XI, 135).

(3) Goldscheider. *Ueber den Schmerz in physiologischer und klinischer Hinsicht.* Berlin, 1894, p. 13.

(4) Goldscheider. *L. l.*, p. 11.

des centres nerveux, a certainement lieu, comme l'a vu Schiff (1), par la substance grise de la moelle épinière. La lésion de la syringomyélie, le gliome excavé qui creuse et détruit la partie centrale de la substance grise de la moelle épinière sur une hauteur variable, en réalisant la dissociation des divers modes de la sensibilité considérés comme différents en soi, a vérifié la doctrine à laquelle Schiff était parvenu au moyen de l'expérimentation : l'*analgésie* et la *thermoanesthésie* avec conservation de la sensibilité tactile, musculaire, articulaire, etc., presque toujours respectée, s'expliquent facilement par la perte des éléments nerveux auxquels se distribuaient les collatérales des cordons postérieurs. Le voisinage de cette néoplasie péri-épendymaire peut même provoquer à distance, comme il arrive, des dégénérescences ascendantes ou descendantes de ces faisceaux et des racines. L'altération anatomique des voies de la sensibilité tactile, viscérale, musculaire, etc., voies intactes d'ordinaire, détermine alors des anesthésies de la sensibilité générale (2) (en même temps que des atrophies musculaires et des troubles trophiques cutanés (panaris), des articulations et des os) qui s'associent à l'analgésie et à la thermoanesthésie localisées le plus souvent aux membres supérieurs, à la face et au tronc, du fait de la prédilection de la gliomatose médullaire centrale pour le renflement

---

(1) Schiff. *Lehrbuch der Muskel-und Nervenphysiologie*, p. 251 sq.

(2) Il y a un cas célèbre, celui de Späth et de Schüppel, qui montre que la syringomyélie peut provoquer une *anesthésie générale*. Outre les sens de la douleur et de la température, la sensation de contact, le sentiment des mouvements actifs et passifs, la notion de position des membres étaient, dans ce cas, perdus. La sensibilité avait disparu sur tout le corps, à l'exception de la tête et d'une partie du cou, de sorte que la nuit, la lumière éteinte, quand le malade, qui ne présentait pas de phénomènes de paralysie motrice accusés, voulait se couvrir, il ne pouvait trouver ni la couverture ni son propre corps. L'anatomie pathologique expliqua ce fait clinique. La gliomatose médullaire avait excavé toute la partie centrale de la substance grise de la moelle épinière et détruit complètement, en même temps, sur une étendue assez considérable, les cordons postérieurs, et les parties inférieures de ces cordons avaient dégénéré. Ainsi, ce tableau clinique, vraiment rare, était la conséquence de la perte de toutes les voies sensibles de conduction de la moelle épinière.

Outre la dissociation syringomyélique des modes de la sensibilité, E. Biernacki en a signalé une autre due à la *compression des troncs nerveux*. Les symptômes suivants caractérisent cette paranesthésie : affaiblissement ou abolition complète de la *douleur* et de la *température* avec conservation de la sensibilité, relativement peu affaiblie, quoiqu'elle le soit toujours, à la pression, et persistance, à l'état normal, de la sensibilité tactile, du sens musculaire, des signes locaux et de la vitesse de transmission. Les expériences de Biernacki ont particulièrement porté sur le *nervus ulnaris*. Dans les expériences de compression (*Druckexperimente*), instituées par Goldscheider sur le nerf radial, les muscles, les veines, etc., se trouvaient comprimés en même temps que le nerf. Au contraire, en comprimant le *n. ulnaris* dans la *fossa ulnaris*, la sensation d'engourdissement se produit dans les doigts correspondants et sur la face ulnaire de la main. Dès que la compression cesse, la sensation d'engourdissement cesse aussi peu à peu (en deux ou trois minutes) ; les sensibilités à la douleur, etc., reviennent ; très souvent on note une hyperesthésie passagère au froid (*Ueber Drücklahmung der Sensibilität*, 1892).

cervical (1). Depuis les travaux de Kahler, Fürstner et Zacher, Freud, F. Schultze, W. Roth, la *syringomyélie* a été nosologiquement constituée. Charcot définissait volontiers ainsi ce qu'il appelait le mode syringomyélique de dissociation des divers modes de la sensibilité : « sensibilités à la douleur, au chaud et au froid totalement abolies ; tact et notions du sens musculaire conservés ». Et Dejerine : « Intégrité de la sensibilité tactile avec altération marquée des sensibilités douloureuses et thermiques, atrophie musculaire, scoliose, troubles trophiques, tels sont les symptômes principaux de la syringomyélie. Dans certains cas, la sensibilité tactile peut à la longue disparaître ; cette dernière éventualité ne s'observe que dans des cas très anciens, et même encore le fait est-il exceptionnel. » Avec la sensibilité tactile, le sens de la pression, les sens musculaire et articulaire (notion de position des membres), la localisation des excitations, etc., sont conservés.

Il résulte aussi des observations cliniques de Schlesinger que la *sensibilité cutanée à la pression* (*Drucksinn*) est absolument indépendante de l'état de la sensibilité douloureuse et thermique (2). Quant au *sens stéréognostique,* c'est-à-dire à la faculté d'apprécier correctement, les yeux fermés, les formes des corps géométriques placés dans la main, il est quelquefois affecté à un haut degré ou même perdu dans la syringomyélie. Le sens stéréognostique dépend en effet de deux facteurs au moins : de la *sensibilité tactile* du territoire cutané en contact avec l'objet qu'il s'agit de reconnaître, et de la *sensibilité profonde* (*sens musculaire* et sensibilité des tissus sous-cutanés). Or, l'altération de l'un ou de l'autre de ces deux facteurs retentira de nécessité sur la sensation résultante, c'est-à-dire sur le *sens stéréognostique*. Critzmann a insisté sur ce trouble de la sensibilité, trouble qu'avait souvent constaté Hoffmann et H. Fr. Müller.

« Cette dissociation des diverses espèces de sensibilité dans la syringomyélie prouve, dit très bien Dejerine, que les faisceaux conduisant la sensibilité tactile ne passent pas dans la substance grise centrale de la moelle épinière. » Il n'en va pas, dans cette affection de la substance grise centrale, comme des cordons postérieurs. On sait aujourd'hui ce qu'il faut entendre quand on parle de la substance grise centrale comme d' « un lieu de passage des impressions douloureuses et thermiques » (3).

---

(1) A côté du « type cervical », on ne laisse pas de rencontrer, quoique plus rarement, le « type dorso-lombaire », de la syringomyélie, que l'affection du renflement lombaire soit primitif ou secondaire à celle du renflement cervical.

(2) Hermann Schlesinger. *Die Syringomyelie* (1895), p. 27.

(3) Ce n'est pas, dit fort bien Goldscheider, de « Schmerzbahn » qu'il s'agit, mais de « Summationsbahn ». *Ueber den Schmerz*, p. 20.

Brown-Séquard ne pouvait prévoir la découverte anatomique de Golgi. La démonstration de l'existence des collatérales des cordons postérieurs et de leur distribution intramédullaire nous semble avoir résolu un des problèmes les plus ardus de la physiologie pathologique.

Voici la classification donnée par Goldscheider des douleurs observées au cours des différentes maladies. Il distingue trois catégories : 1° *la douleur vraie*; 2° *la pseudo-douleur* (*dolor spurius*), l'une et l'autre locales, et n'affectant ni le système nerveux tout entier ni l'intelligence ; 3° *la douleur psychique*.

La douleur de la première catégorie est particulière aux nerfs de sensibilité proprement dits (1); elle est provoquée par de vraies stimulations capables d'exciter la douleur (mécaniques, chimiques, thermiques, inflammatoires, toxiques, etc.); elle résulte bien d'excitations réelles des nerfs, excitations dont la violence dépasse la mesure.

Dans la douleur de la seconde catégorie, les nerfs sont bien anormalement excités, mais non au point que l'excitation soit nécessairement douloureuse; elle est plutôt au-dessous du seuil de la douleur. Mais la persistance de la sensation, d'une part, et son établissement dans un point inusité du corps, d'autre part, font que la sensation, d'abord pénible, finit, du fait de la durée, par prendre un *ton affectif douloureux* (*schmerzliche Gefühlston*) ; « cela fait mal, très mal », dit-on. Un grand nombre de douleurs des maladies, des céphalalgies, des gastralgies, etc., appartiennent à cette catégorie. Ce sont plutôt des sensations pénibles (de tension, de pression, etc.) que douloureuses. L'interprétation psycho-physiologique de ces douleurs serait celle-ci : « Déjà, à l'état normal, lorsqu'on dirige son attention, d'une manière intense et persistante, sur une partie déterminée du corps, une foule de sensations se produisent, qui finissent par être « senties désagréablement et péniblement ». Cette façon de parler est ici la seule exacte. « En faisant simplement et naïvement de son propre corps le sujet de son observation, l'âme, dit Goldscheider, aperçoit bientôt, grâce à la concentration de l'attention, au rétrécissement du champ de la conscience, une multitude de sensations de tension, de fourmillement, de battement, de pression, *qui autrement demeurent au-dessous du seuil de la conscience.* » Le ton affectif, le sentiment de la peine et de la douleur n'accompagne ces sensations que lorsqu'on s'évertue à suivre leur cours avec une attention énergique; à leur tour elles enchaînent l'attention et l'obsèdent.

---

(1) *Gefühlsnerven* ou *Gemeingefühlsnerven, Drucksinnerven, Tastnerven. — Ueber den Schmerz*, 52-59.

Mais qu'il suffise à l'homme de détourner non moins énergiquement son attention des douleurs qu'il ressent pour les diminuer considérablement, c'est ce que prouve l'exemple célèbre de KANT qui, dans sa Lettre à HUFELAND, a traité le thème suivant : *Du pouvoir de l'esprit par la seule résolution de maîtriser ses sentiments maladifs*, c'est-à-dire les états cénesthésiques douloureux liés à la maladie (1). KANT souffrait d'attaques de goutte. « Mais alors, raconte-t-il, impatient de ne pouvoir dormir, je recourus aussitôt à mon remède stoïque, d'entretenir sévèrement ma pensée d'un objet que je choisissais à volonté, quel qu'il fût ; par exemple, je la fixais sur une des nombreuses idées accessoires qui s'attachent au nom de CICÉRON, et de détourner par conséquent mon attention de cette sensation ; par ce moyen la sensation s'émoussait promptement, de sorte que l'assoupissement prenait le dessus ; je puis toujours, quand des attaques réitérées de ce genre ont lieu dans les petites intermittences du sommeil de la nuit, obtenir avec la même facilité le même résultat. Mais que ce ne fussent pas simplement des douleurs imaginaires, la rougeur des orteils du pied gauche que je constatais le lendemain matin suffisait à m'en convaincre pleinement. » KANT était persuadé que, non seulement les attaques de goutte, mais les affections spasmodiques elles-mêmes et les accès épileptiques (chez l'homme, non chez la femme ou l'enfant, qui ne possèdent pas une force de résolution suffisante) pourraient ainsi diminuer à chaque nouvelle attaque et guérir peu à peu par la ferme résolution d'en détourner l'attention. Il n'y a point de doute, écrit de son côté GOLDSCHEIDER, que même la *douleur vraie* ne dépende d'influences psychiques.

Les douleurs de la troisième catégorie reposent sur un état d'hyperexcitabilité centrale, sur une espèce d'*hyperesthésie psychique*. Par opposition avec la douleur provoquée au moyen de stimulations objectives des nerfs, on peut donc appeler cette sorte de douleur « psychique » ou « idéale ». On observe cette hyperesthésie psychique dans les « neuropsychoses », telles que la neurasthénie, l'hystérie, l'hypocondrie. Le plus souvent elle se développe sur un fondement héréditaire ; elle peut relever d'une disposition actuelle, suite d'une longue maladie, de surmenage intellectuel, d'excitations émotionnelles ; elle peut aussi naître sous l'influence de certaines anxiétés, crainte des conséquences funestes d'un traumatisme, du cancer, de la phthisie, de la folie, etc. Des douleurs objectives persistantes peuvent enfin développer aussi l'hyperalgésie

(1) KANT. *Ueber die Macht des Gemüths durch den blossen Vorsatz seiner krankhaften Gefühle Meister zu sein*, 1897.

psychique. Une fois installée, celle-ci, loin d'être limitée aux excitations des nerfs sensitifs, s'étend aux nerfs des sens spéciaux, et le sentiment de la douleur, le « ton affectif douloureux » accompagne les sensations tactiles comme celles du son et de la lumière. Toute sensation devient un supplice. L'étendue et la gravité de cette hyperalgésie augmentent naturellement quand les préoccupations personnelles du malade grandissent et que la volonté affaiblie s'effondre. L'idée, la représentation mentale de la sensation domine désormais : c'est sa vivacité et sa persistance qui la font « douloureuse ». « De même qu'à la suite d'un événement qui a laissé en nous une impression émotionnelle profonde, des liens s'ourdissent, grâce à la fréquente apparition du souvenir, entre cet événement et les choses de la vie quotidienne, si bien que ce souvenir vient se mêler aux associations de pensées les plus diverses ; des associations se forment également ici qui, à toute occasion, et de quelque nature que soit celle-ci, font songer à la sensation douloureuse, à la souffrance prétendue, de sorte que l'attention dérivatrice devient toujours plus difficile et de plus en plus rare. » On conçoit ainsi que, lorsque sous l'impression d'un état affectif intense qui la renforce, une vive représentation de la douleur s'empare de l'homme et le domine, celui-ci éprouve ce sentiment.

Eloi Muriset (1) raconte ce qui suit : « Je connais une dame qui prit une part si profonde aux souffrances de son fils, qui s'était cassé la jambe, que, durant six semaines, temps qui fut nécessaire à la guérison de son fils, elle ressentit une vive douleur à la jambe, précisément au point correspondant à celui de la fracture de son fils. » C'est là, quoique d'une manière moins accusée, un phénomène que Goldscheider atteste être « très fréquent ».

Je puis ajouter un exemple bien remarquable emprunté à Malebranche :

« Il faut donc savoir que non seulement les esprits animaux se portent naturellement dans les parties de notre corps pour faire les mêmes actions et les mêmes mouvements que nous voyons faire aux autres, mais encore pour recevoir en quelque manière leurs blessures, et pour prendre part à leurs misères. Car l'expérience nous apprend que lorsque nous considérons, avec beaucoup d'*attention*, quelqu'un que l'on frappe rudement, ou qui a quelque grande plaie, les esprits se transportent avec effort dans les parties de notre corps qui répondent à celles que l'on voit blesser dans un autre, *pourvu que l'on ne détourne point ailleurs le cours de ces esprits, en se chatouillant volontairement avec quelque force une autre partie que celle que l'on voit blesser,* ou que le cours naturel des esprits vers le cœur et les viscères, qui est ordinaire aux émotions subites, n'entraîne ou ne change point celui dont nous parlons, ou enfin que quelque liaison extraordinaire des *traces du cerveau* et des mouvements des esprits ne fasse pas le même effet.

« *Ce transport des esprits dans les parties de notre corps qui répondent à celles que l'on voit blesser dans les autres* se fait bien sentir dans les personnes délicates, qui ont l'imagination vive et les chairs fort tendres et fort molles. Car ils ressentent fort sou-

(1) *Der Schmerz.* Inaugur. Diss. Wurzb., 1866. Cité par Goldscheider.

vent comme une espèce de frémissement dans leurs jambes : par exemple, s'ils regardent attentivement quelqu'un qui y ait une ulcère ou qui y reçoive actuellement quelque coup. Voici ce qu'un de mes amis m'écrit, qui pourra confirmer ma pensée : « Un homme d'âge, qui demeure chez une de mes sœurs, étant malade, une jeune servante de la maison tenait la chandelle comme on le saigna au pied. Quand elle lui vit donner le coup de lancette, elle fut saisie d'une telle appréhension, qu'elle sentit, trois ou quatre jours ensuite, une douleur si vive *au même endroit du pied,* qu'elle fut obligée de garder le lit pendant ce temps ». La raison de cet accident est donc, selon mon principe, que les esprits se répandent avec force dans les parties de notre corps qui répondent à celles que nous voyons blesser dans les autres ; et cela, afin que les tenant plus bandées, ils les rendent plus sensibles à notre âme, et qu'elle soit sur ses gardes pour éviter les maux que nous voyons arriver aux autres.

« Cette compassion dans les corps produit la compassion dans les esprits » (1).

Le mécanisme du développement de la douleur psychique demeure essentiellement le même, que cette douleur évolue sur un terrain hystérique, neurasthénique ou hypocondriaque. L'*akinesia algera*, décrite par Möbius, où les mouvements actifs provoquent de vives douleurs, a également pour fondement l'hyperesthésie psychique. Ces douleurs peuvent sans doute être considérées comme des « hallucinations », voire des « illusions douloureuses » (Möbius). Goldscheider croit que le mécanisme psychologique de la production des douleurs de cette catégorie ne répugne pas le moins du monde, au contraire, à cette conception. La douleur de la première catégorie, ou douleur accompagnant un certain état de la sensibilité, et la douleur psychique ne s'excluent pas ; elles peuvent même se combiner. La première, par la répétition et la persistance, crée une hyperalgésie psychique ; ajoutez que, dans les maladies chroniques en particulier, un état de nervosité vient encore s'ajouter à la maladie, une neurasthénie caractérisée par l'état de faiblesse irritable. Dans les nombreuses paresthésies et douleurs des neurasthéniques il s'agit, en tout cas, d'excitations anormales des nerfs ; ces phénomènes sont réels, ils sont vrais ; ils sont l'effet de l'excitabilité exaltée des centres nerveux.

Des plus communes sont les *douleurs vasculaires* ; ces douleurs dérivent, quant à leur origine, d'altérations de la paroi vasculaire ; elles diffèrent de nature, et cela pour deux raisons. D'une part, la lésion vasculaire, due à l'artério-sclérose, par exemple, en modifiant la nutrition du tissu entraîne la lésion de la substance nerveuse. D'autre part, et cette fois directement, ce sont les nerfs sensitifs de la paroi vasculaire qui sont eux-mêmes irrités. Que les vaisseaux reçoivent des nerfs sensibles, soit

---

(1) Malebranche. *De la Recherche de la vérité*, livre II. De l'imagination, 1re partie, ch. vii.

dans la *media*, soit dans l'*adventitia*, c'est ce qu'on doit admettre à titre de postulat clinique, quoique l'anatomie n'en ait pas encore fourni la démonstration. W. KRAUSE et plus tard THOMA ont toutefois trouvé dans l'*adventitia* de l'aorte et des grosses artères des corpuscules de VATER-PACINI. On connaît les théories qui rapportent la *migraine* à un spasme ou à une paralysie vasculaire. Le spasme périphérique des vaisseaux produit, outre des paresthésies, de vives douleurs, par exemple dans la maladie de RAYNAUD et, en sens contraire, dans l'érythromélalgie. Dans l'anévrysme de l'aorte aussi bien que dans les anévrysmes périphériques, il y a des points circonscrits très douloureux. NOTHNAGEL a naguère attiré spécialement l'attention sur les douleurs vasculaires et insisté sur l'importance de la « colique vasculaire » (1).

FLECHSIG appelle, après MUNK, *Körperfühlsphäre*, tout ce grand territoire rolandique où rayonnent les terminaisons des faisceaux sensitifs, de sorte qu'une moitié opposée du corps se trouve représentée dans cette région, à côté des cellules d'origine de ses nerfs moteurs, par presque tous ses nerfs sensibles, y compris les faisceaux, sensitifs et moteurs, de la respiration et de la circulation; ces fibres passent par le tiers postérieur de la capsule interne. Ces connexions permettent de comprendre que toutes les *émotions*, toutes les *passions*, qui s'accompagnent de *troubles de la respiration* et de la *circulation*, doivent avoir, d'après FLECHSIG, leur *origine dans cette sphère sensitive des corps*, et que là siègent également les centres corticaux où les *sentiments* deviennents *conscients*. Si c'est dans cette sphère que naissent les sentiments de *plaisir* et de *peine* qui s'accompagnent d'ordinaire de mouvements violents dans les affections mentales liées à des états affectifs intenses, là aussi doivent se trouver les conditions de leurs inhibitions. « En d'autres termes, les états de *dépression* et d'*exaltation* de l'ancienne École ne sauraient se manifester que par la participation de la *Körperfühlsphäre* » (2).

C'est aussi là, dans cette région du cerveau, où « la sensation se transforme en une représentation », que la *douleur* est sentie comme douleur consciente; car la sensation « douloureuse », transmise aux parties inférieures du névraxe, à la moelle épinière en particulier, peut bien provoquer des réactions réflexes: elle échappe alors souvent à la conscience. Soit une douleur du corps. C'est la violence ou la durée extraordinaire d'une cause d'irritation périphérique (*Reiz*), l'addition continue des sensations élémentaires qu'elle suscite, qui fait apparaître la représentation, le sentiment de la douleur dans l'organe de la conscience, le cerveau. Sans doute le sentiment de la douleur, comme celui du plaisir, dans le chatouillement, par exemple, est localisé par nous à la périphérie, alors même que la cause d'irritation est dans le cerveau lui-même ou sur le trajet d'un nerf sensible crânien. « Une névralgie du trijumeau, d'abord d'origine périphérique, peut persister même après l'extirpation intracrânienne de ce nerf avec son ganglion de GASSER ». Ce qui établit bien le caractère central, cérébral, de la douleur qu'on éprouve dans le moignon d'un membre amputé, ce sont les sensations particulières qui peuvent se ratta-

---

(1) GOLDSCHEIDER. *Ueber den Schmerz*, 52.

(2) KIRCHHOFF. *Neuere Ansichten üb. die örtlichen Grundlagen geistiger Störungen*. Halle a S., 1896.

cher à l'existence défunte du membre perdu. Ainsi « une névralgie chronique, consécutive à une amputation, peut s'associer à certaines sensations articulaires et musculaires de la position des doigts, voire à des sensations de démangeaison causées autrefois par un eczéma de ces mêmes doigts. » Des souvenirs d'autres sensations anciennes peuvent s'y mêler encore, qui n'avaient pu naître que dans le cerveau, à la suite d'excitations périphériques : ces conditions d'excitation n'existent plus : une névralgie de cause centrale n'en subsiste pas moins. De pareils états reconnaissent sans doute pour cause un excès d'excitabilité du cerveau, auquel tout stimulus sensitif, quelque faible qu'il soit, apporte un sentiment de douleur. La parenté de ces états avec l'*hémihyperalgésie* chez les hystériques paraît évidente, aussi bien d'ailleurs qu'avec les *hémianesthésies* de ces malades, affections dont l'origine cérébrale n'est plus douteuse.

S'agit-il de *douleur psychique*, de *douleur morale*, représentons-nous un mélancolique en proie à une affliction profonde : toute cause d'irritation des sens, toute fonction de la vie retentit du milieu externe ou interne dans un cerveau dont l'excitabilité est morbidement exaltée. Ce n'est que dans le cerveau que ces causes d'excitation revêtent le caractère de sensations douloureuses, mais elles sont naturellement projetées au dehors et conçues comme étant d'origine périphérique : elles arrêtent le cours régulier des fonctions du corps ; le *circulus vitiosus* est fermé. De là, pour un aliéniste comme Kirchoff (1), un problème d'un ordre fort important. Mais, au point de vue de l'histoire des fonctions du système nerveux, quel est le lieu du cerveau où se fait la transformation des excitations périphériques en sensations de douleur consciente ? Y a-t-il des fibres périphériques de la douleur, soit à la périphérie, soit dans la moelle épinière ? C'est une question qui nous paraît résolue, et, on l'a vu, par la négative, encore qu'un faisceau de fibres longues ait été récemment isolé dans la substance grise centrale de la moelle épinière, auquel Ciaglinski attribue cette fonction.

Quatre jours après une ligature de la moelle lombaire du chien, Ciaglinski a observé, avec la méthode de Marchi, une *dégénération secondaire ascendante*, non seulement des cordons de Goll et de Burdach, mais d'un faisceau de fibres myéliniques situé dans la substance grise de la moelle, à proximité de la commissure grise, en arrière du canal central ; ce faisceau ne diminue de volume que très haut et de triangulaire sa forme devient rhomboïdale. Ce cordon ne correspond, quant à sa situation topographique et à son trajet, à aucun des cordons connus. Jusqu'ici, en effet, on n'a trouvé aucune *voie longue* dans la substance grise elle-même de la moelle épinière. Cette voie partirait du renflement lombaire, sans doute de la *cauda equina*, et pourrait être suivie jusqu'au renflement cervical, plus haut encore. Après deux à trois semaines, ce faisceau avait disparu ; et, après vingt-trois jours, il existait une petite cavité dans la substance grise en correspondance exacte avec les limites de ce cordon. Sur un grand nombre de coupes, Ciaglinski a noté la présence, aux stades postérieurs de dégénération, de fibres dégénérées qui, des cordons postérieurs, pénètrent, près de la ligne médiane de la moelle épinière, dans la substance grise occupée par ce nouveau faisceau. Ciaglinski en a conclu que, entre ce faisceau et les fibres sensitives de la moelle épinière, un rapport certain existe. Quel est le rôle physiologique de ce faisceau de fibres blanches qui passerait ainsi dans la substance grise médullaire ? La physiologie et la pathologie du nouveau faisceau seraient beaucoup plus anciennes que son anatomie. Bellingeri (1823), Fodera (1823), Schoeps (1827), Rolando (1828), Calmeil (1828), van Deen (1841), Stilling (1842), Brown-Séquard (1846), Schiff (1856) et Longet, qui, dans son

(1) V. Kirchhoff, *Lehrbuch der Psychiatrie*.

Traité de physiologie, a fait l'historique de cette question, avaient admis que la substance grise de la moelle épinière, soit seule, soit de concert avec les cordons postérieurs, sert à la transmission des impressions sensibles au cerveau. Avec Brown-Séquard, Schiff soutenait, on le sait, que si les impressions tactiles passent par les cordons postérieurs, les impressions dont les perceptions doivent produire la douleur passent par la substance grise de la moelle épinière. Ces idées ont paru à Ciaglinski trouver quelque confirmation nouvelle dans les observations cliniques et anatomo-pathologiques de l'affection de la moelle appelée *syringomyélie,* affection où la destruction cavitaire de la substance grise de la moelle a pour symptômes principaux des altérations profondes et de la douleur et de la thermo-esthésie. Comme on ignorait l'existence de longues voies nerveuses dans la substance grise elle-même de la moelle épinière, la production de la douleur par l'intermédiaire de la substance grise résultait de la « sommation » des impressions dérivées de la sensibilité générale et projetées dans ce centre nerveux (Leyden et Goldscheider). D'après ces auteurs (1), en effet, la substance grise joue bien un rôle capital dans la conduction des impressions dites douloureuses, puisque sa section abolit la sensation de ce nom (*analgésie*), et que le plus petit fragment de substance grise suffit encore à la transmission, quoique retardée, de la douleur. La substance grise de la moelle est nécessaire pour la transmission des impressions douloureuses. Mais la douleur, aussi bien que la température, n'est qu'une modalité d'une propriété générale de la substance grise du système nerveux central. Toute excitation isolée provoque un changement de la cellule : si plusieurs excitations successives s'ajoutent ainsi, un moment survient où, le chargement de cet organite explosif étant atteint, il se décharge, soit, dans le sens centripète, sous forme de sensation, soit, dans le sens centrifuge, sous forme de mouvement réflexe. Or, en dehors des sensations correspondant à chaque espèce d'excitations, une série d'excitations continuée ou d'intensité très élevée finit toujours par déterminer, en s'ajoutant, dans la substance grise, par le procédé de la sommation (*summirte Empfindungen*), une sensation secondaire, nouvelle, plus vive (Gad et Goldscheider). Cette sensation secondaire, suite d'excitations électriques ou mécaniques, de piqûres d'aiguille, etc., *acquiert alors un caractère douloureux,* tandis que la sensation simple, isolée, n'était qu'une sensation primaire, au-dessous du seuil de la douleur. La substance grise, dans cette hypothèse, ne serait plus un organe servant uniquement à la transmission de la douleur : les conditions de la douleur peuvent y être réalisées par l'effet d'une addition ou sommation d'impressions sensitives. C'est ainsi qu'il faudrait entendre que les sensations de douleur et de température sont transmises par la substance grise et ses fibres commissurales, bilatéralement. Pour revêtir le caractère de *douleur,* les impressions tactiles, articulaires, musculaires, etc., doivent passer par la substance grise de la moelle épinière (syringomyélie). A cette hypothèse, Ciaglinski, se fondant sur le nouveau faisceau dont il annonce l'existence, en oppose une autre qu'il formule ainsi : Le cordon de fibres nerveuses à myéline qui traverse la substance grise de la moelle épinière entre les terminaisons antérieures des cordons postérieurs et le canal central appartient au groupe des cordons sensitifs et sert à la conduction des sensations de douleur et de température. Il témoigne avoir commencé des recherches sur le trajet ultérieur de ce faisceau dans la moelle allongée et dans le cerveau (2).

---

(1) Leyden u. Goldscheider. *Die Erkrankungen des Rückenmarkes u. der medulla oblongata.* Wien, 1895. (Specielle Pathol. u. Therapie, herausg. v. Nothnagel), 41 sq.

(2) Adam Ciaglinski. *Lange sensible Bahnen in der grauen Substanz des Rückenmarkes und ihre experimentelle Degeneration.* Neurol. Centralbl., 1896, 773 sq.

Ainsi, on considère la douleur comme résultant de l'*addition* d'excitations périphériques des nerfs du tact, de la pression, des muscles, des articulations; ce phénomène pourrait différer quantitativement; il n'aurait point d'existence spécifique. On refuse à la douleur la qualité propre de sensation : ce n'est qu'un sentiment de peine accompagnant les sensations très intenses. Comme sentiment, toutefois, la douleur ne peut naître que dans le cerveau. Or, d'après KIRCHHOFF, il existerait, dans le cerveau, des fibres servant à la transmission isolée de la douleur (alors qu'il n'en existerait ni à la périphérie ni dans la moelle épinière), fibres séparées et distinctes de celles du tact, de la pression, etc. Les masses grises du corps strié, qui par leur origine appartiennent bien au manteau, feraient partie de l'appareil terminal du « système de conduction de la douleur ». Quant à la région de l'écorce où les « sensations de douleur », après avoir franchi ce ganglion intercalaire, deviendraient conscientes, on pourrait, dit-il, songer à un territoire de la face interne, au *gyrus fornicatus,* qui fait partie, selon FLECHSIG, de la *Körperfühlsphäre,* et où seraient localisés les sentiments, les besoins et les instincts de la vie organique. Mais « c'est un fait clinique que les sensations tactiles d'une moitié du corps peuvent demeurer inaltérées après une lésion de la moitié opposée du cerveau, tandis que les sensations de douleur peuvent être au contraire altérées. » En outre, de petits foyers soit de la capsule interne à proximité immédiate de la couche optique, soit de la couche optique elle-même, ont semblé dans quelques cas causer un certain trouble dans la transmission de la douleur. L'existence d'un *centre des mouvements mimiques d'expression* dans le thalamus permettrait de supposer que dans cette région se trouvent réalisées les conditions anatomiques et physiologiques de la sensation de douleur et de son expression plastique. Les symptômes de certains états affectifs, tels que la mélancolie, confirment KIRCHHOFF dans l'idée de cette localisation. Les sensations de douleur s'irradieraient ainsi du thalamus, et peut-être aussi du corps strié, à travers la couronne rayonnante, dans la sphère sensitive du corps pour se propager de là dans les « organes de la pensée et de la conscience », jusque dans l'autre hémisphère, par le système du corps calleux. La production des états maniaques, avec leur cortège de sentiments de plaisir ou d'euphorie, dépendrait naturellement des mêmes régions du cerveau (1).

---

(1) Cf. KIRCHOFF. *Ueber trophische Hirncentren und über den Verlauf trophischer und schmerzleitender, sowie einiger Fasersysteme im Gehirn von unsicherer Function.* Arch. f. Psych., XXIX, 888.

Les sensations de *température,* aussi bien que le sentiment de la *douleur,* — deux noms pour désigner un même état affectif accompagnant la sensibilité générale à ses divers degrés d'intensité et de sommation consécutive des excitations — appartiennent aux muqueuses de l'intérieur du corps comme à la peau. E.-H. Weber croyait que ce n'était pas le cas, au moins pour les sensations thermiques, et que la chaleur ou le froid perçus, par exemple, dans la déglutition de boissons chaudes ou froides, provenaient de l'échauffement ou du refroidissement du tégument externe revêtant la bouche, le palais, le pharynx : la muqueuse du tube digestif, comme celle des organes internes du corps, ne percevaient aucune sensation de température. H. Schlesinger a observé deux cas qui démontrent le contraire (1). Les sensations de *température* et de *douleur* de la peau étaient tout à fait abolies : *ces modes de la sensibilité n'étaient même point sentis par la muqueuse de la cavité buccale et du pharynx.* Or, dans ces deux cas, les malades firent toujours connaître exactement si les liquides qu'on leur faisait boire étaient froids ou chauds dès que ceux-ci étaient arrivés dans l'*estomac*. L'un de ces deux malades distinguait la température de l'eau injectée dans le *rectum.* Il faut donc, de nécessité, et c'est bien la conclusion à laquelle on doit se rendre, avec Schlesinger, que les nerfs des organes internes déterminent, comme ceux des organes externes, des états cénesthésiques correspondant à ceux de la douleur et de la température.

Les résultats de cette étude de Schlesinger sont d'autant plus importants pour la physiologie que tout ce qu'on savait jusqu'ici du sens de la température dans les muqueuses se rapportait presque exclusivement à la muqueuse de la cavité de la bouche, si souvent thermoanesthésique. Il est maintenant prouvé que les sensations de froid et de chaud sont aussi bien produites par l'excitation des *muqueuses* de l'*estomac* et du *rectum,* sans que la peau serve en rien d'organe intermédiaire dans la production du phénomène. La *muqueuse* de l'*urèthre* était, comme Schlesinger s'en est assuré par le cathétérisme, thermoanesthésique dans un cas, de même que la *muqueuse* de la *vessie*. Chez celui des deux malades qui, en absorbant des mets très chauds, n'accusait toujours que la sensation de chaleur, toutes les muqueuses accessibles à l'investigation avaient été trouvées analgésiques. Mais, chez l'autre malade, le sentiment de la *douleur* s'ajoutait à celui de la *température* ; il lui arrivait souvent, en mangeant la soupe, de se brûler la cavité buccale sans y faire attention ; mais, dès que le liquide qu'il avait avalé était dans l'estomac, il sentait très bien s'il était

(1) H. Schlesinger. *Die Syringomyelie. Eine Monographie.* Leipz. u. Wien, 1895, p. 23-24.

froid, chaud ou *brûlant* : il distinguait donc, d'une manière constante, ces trois sortes de qualités de la température.

Dans les maladies des viscères thoraciques et abdominaux, il existe, sur certaines régions de la peau, une sensibilité superficielle exagérée, une hyperalgésie ; l'excitation de ces régions cutanées provoque des douleurs comparables à celles des névralgies, douleurs accompagnées de troubles de la sensibilité tactile, thermique, d'altérations trophiques et d'exaltation des réflexes cutanés. H. Head s'est servi de ces observations, ainsi que du mode de distribution des éruptions de l'*herpes zoster,* pour tenter de déterminer de quels segments de la moelle épinière les viscères correspondants tirent leurs nerfs sympathiques (1). La correspondance entre la douleur éprouvée sur tel ou tel point du ventre ou de la poitrine, voire du cou, de la nuque et de la tête, et tel ou tel viscère malade, résulterait d'altérations du *segment spinal* correspondant, condition d'une hyperesthésie cutanée, par exemple, due à l'état pathologique du même segment. Une douleur, siégeant dans un viscère, se réfléchira, du même côté ou des deux côtés, par les nerfs sensitifs existant au même niveau, sur les territoires cutanés correspondants. Les zones d'hyperesthésie déterminées par Head pourraient ainsi servir de points de repère dans les cas d'affections viscérales de diagnostic douteux. De même, dans les maladies organiques de la moelle épinière, il serait loisible de localiser le siège de la lésion en tenant compte des limites des zones d'hyperesthésie ou d'analgésie. En dépit de l'irradiation qui caractérise le phénomène de douleur, Head a pu distinguer dans ses zones des points ou régions maxima de la douleur dans les maladies viscérales. Il a ainsi, d'après cette topographie, constitué *dix-huit territoires,* correspondant à autant de segments de la moelle épinière (non aux racines), divisés en *treize zones dorsales* et *cinq zones sacro-lombaires*. Les treize aires dorsales correspondent aux douze segments dorsaux de la moelle épinière et au premier segment de la moelle lombaire ; les cinq aires lombo-sacrées aux cinq segments lombaires et aux quatre segments sacrés. Quelques-unes de ces zones coïncident avec celles qu'ont délimitées W. Thorburn, Horsley, Oppenheim et d'autres auteurs. La *zone dorso-ulnaire,* par exemple, correspond bien au premier segment dorsal, la *zone scapulo-ensiforme* au septième, la *zone glutéo-crurale* au premier nerf lombaire. Il paraît donc possible d'indiquer, pour chaque aire de Head, un segment déterminé de la moelle épinière.

(1) Henry Head. *On disturbances of sensation with especial reference to the pain of visceral disease*. Brain, 1893, 1-130.

Thorburn a reconnu que ces travaux de Head, aussi bien que ceux de Bruns, de Starr, de Mill, de Charcot et d'Oppenheim, s'accordaient en somme, et d'une manière générale, avec les résultats auxquels il était lui-même arrivé relativement à la topographie des aires de distribution des nerfs sensitifs des régions cervicales, lombaires et sacrées (1).

Cœur : 1, 2, 3 segments dorsaux.
Plexus cervical (= *depressor*?).
Poumons : 1, 2, 3, 4 et 5 segments dorsaux.
Plexus cervical (= *vagus*?).
Estomac : 6, 7, 8, 9 segments dorsaux.
Extrémité cardiaque : 6 et 7.
Pylore, 9.
Intestin : *a*) jusqu'à la partie supérieure du *rectum*, 9, 10, 11, 12 segments dorsaux ;
b) *Rectum* : 2, 3, 4 segments sacrés.
Foie et *vésicule biliaire* : 7, 8, 9, 10 (peut-être aussi 6) segments dorsaux.
Plexus cervical (*vagus*?).
Rein et *uretère* : 10, 11, 12 segments dorsaux et 1er segment lombaire. Plus la lésion est rapprochée des reins, plus la douleur et la sensibilité sont liées au 10e segment dorsal. Plus elle siège bas dans l'uretère, plus le 1er segment lombaire gagne de terrain.
Vessie (membrane muqueuse et col) : 1 (?), 2, 3, 4 segments sacrés.
Prostate : 10, 11, (12) segment dorsal. 1, 2, 3 segments sacrés et 5e segment lombaire.
Epididymis : 11, 12 segments dorsaux et 1er segment lombaire.
Testicules : 10 segment dorsal.
Ovaires : 10 segment dorsal.
Tubes, etc. : 11, 12 segments dorsaux et 1er segment lombaire.
Utérus (en contraction) : 10, 11, 12 segments dorsaux et 1er segment lombaire ; segment inférieur et *os internum* : 3, 4, 5 segments sacrés et peut-être le 1er.

Les nerfs de sensibilité des viscères se distribuent au système nerveux central en trois groupes :

1° Le groupe supérieur concerne la *tête* et la *partie supérieure du cou* ; il s'étend jusqu'à la 4e racine cervicale inclusivement ;

2° Le second groupe s'étend du 1er segment dorsal au 1er segment lombaire inclusivement ;

3° Le troisième groupe s'étend du 5e segment lombaire au 4e segment sacré inclusivement (2).

---

(1) W. Thorburn. *The sensory distribution of spinal nerves*. Brain, 1893, 355 sq. Cf. *ibid.*, James Mackenzie. *Some points bearing on the association of sensory desorders and visceral disease*, p. 321-354. Cf. E. Brissaud. *Leçons sur les maladies nerveuses*. 2e série (Paris, 1899). Leçons III-VIII. Métamérie spinale.

(2) Aux auteurs dont nous avons rappelé les noms, qui ont contribué à confirmer par de nouvelles observations cliniques la localisation des centres de Budge dans les quatre premières paires sacrées, il convient d'ajouter celui de Sarbo : il résulte des recherches de cet auteur, que les centres de la vessie, du rectum et de l'érection occupent bien, dans la moelle sacrée, la région des quatre premières paires sacrées. Comme dans les cas connus de myélite de cette partie de la moelle épinière (Oppenheim, Kirchhoff), l'altération la plus grave siégeait, dans le cas de Sarbo, à la hauteur des 3e et 4e nerfs sacrés. (*Beitrag zur Localisation des Centrum für Blase, Mastdarm und Erection beim Menschen*. — Arch. f. Psych., 1893, XXV, 409 sq.).

Voici comment Goldscheider apprécie les résultats qui se dégagent des recherches systématiques de Henry Head : Je crois que ce processus (l'état d'hyperexcitabilité des cellules des cornes postérieures due à la sommation des excitations provenant du viscère affecté) possède une importance générale et de grande portée pour l'interprétation des symptômes subjectifs douloureux et du sentiment ou conscience cénesthésique de son mal qu'éprouve le malade. C'est ainsi, par une sensation spinale associée, que pourraient s'expliquer les sensations douloureuses des cardiaques dans la paroi gauche antérieure du thorax, sensations sur lesquelles Nothnagel a appelé l'attention. « La production et le développement de l'état hyperalgésique des cornes postérieures nous permettent de comprendre ce fait remarquable, savoir, que certains organes internes, tels que les viscères abdominaux, n'acquièrent que dans les états inflammatoires la faculté d'*être excités douloureusement* ; on peut croire que de longues séries d'excitations répétées, réalisant le phénomène de la sommation, doivent d'abord avoir eu lieu dans les appareils nerveux considérés avant que l'état d'hyperalgésie des cellules ne soit atteint. »

Relativement aux *voies motrices*, à *direction centrifuge*, de la *sphère tactile* et de ses dépendances, Flechsig témoigne que les expériences de Horsley et Beevor sur l'écorce cérébrale et la capsule interne de l'orang-outang ne lui laissent pas de doute que, sinon chez les mammifères d'ordre inférieur, du moins chez cet anthropoïde, les seules voies nerveuses qui fussent excitables par l'électricité étaient celles qui descendent dans le pied du pédoncule cérébral, les voies conduisant les mouvements volontaires. Mais la *sphère tactile* contient les cellules d'origine de bien d'autres voies motrices : elle est en rapport étroit avec les muscles de la *respiration* (y compris ceux de l'abdomen) et avec l'appareil de la *circulation* (fréquence du pouls, dilatation ou constriction des vaisseaux sanguins, *température* du corps). L'excitation électrique de certains points de la *sphère tactile* du corps non seulement accélère ou ralentit le rhythme de la *respiration* et modifie le cours de la *circulation* dans les extrémités du côté opposé du corps : elle détermine des variations correspondantes de la *température* ; les voies de ces actions vaso-motrices passent, chez l'homme, par le tiers postérieur de la capsule interne. Dans la *sphère tactile du corps* se trouvent sans doute aussi des faisceaux de projection des *sensations organiques* des différents organes et des muscles de la vie de relation. C'est dans la *sphère tactile* que deviennent conscientes les sensations de la *faim* et de la *soif* ; c'est par elle que nous avons également conscience de ce qui arrive dans le mécanisme de la *respiration* et de la *circulation*, des états de *tonicité* de nos muscles, de la forme et du degré de leurs contractions. Après quoi, n'est-il pas au plus haut point vraisemblable que, comme le

pense Flechsig, la *sphère tactile* de notre corps prend une partie importante aux processus d'innervation musculaire qui accompagnent les *passions* et les *émotions*? Les observations cliniques et expérimentales, dit expressément ce savant, démontrent que les phénomènes relevant des appareils de la *respiration* et de la *circulation* qui accompagnent les *émotions* et où l'on a cru voir des *effets* (*Rückwirkungen*) de l'émotivité en émoi (*Gemüthsbewegungen*), *partent* en réalité de la *sphère tactile* cérébrale. C'est dans ce centre du télencéphale qu'arrivent à la conscience, c'est-à-dire que deviennent conscients, les sentiments ou sensations organiques nés de l'activité des muscles volontaires ou vaso-moteurs, etc., dont les organes du corps sont le siège dans les différents états affectifs. La *sphère tactile* apparaît ici à la fois comme le « *foyer central des émotions et des passions* » et le lieu où les sensations résultant de ces états affectifs éveillent ou provoquent des associations entre les représentations.

C'est donc dans ce vaste centre nerveux, la sphère tactile, que *se reflètent* psychiquement les états affectifs du corps ; c'est de ce centre que *partent* les mouvements émotifs correspondants. *La transmission aux organes du corps des émotions et des passions,* nées des idées ou représentations, a lieu, croit-on, par la *couche optique*. Au point de vue anatomique, Flechsig ne trouve point cette hypothèse inacceptable. On ignore seulement par quelles voies nerveuses de l'écorce du télencéphale au thalamus cette transmission aurait lieu. Il faudrait naturellement songer aux faisceaux qui, de la *sphère tactile,* descendent aux *noyaux dorso-médians.* Flechsig signale en outre, comme un fait ici très significatif, le grand nombre de connexions de ces noyaux avec la substance grise centrale. Les *sensations voluptueuses* (*Wollustgefühle*) provenant de la peau et des muqueuses des organes extérieurs de la génération sont localisées par Flechsig dans la *sphère tactile* : ces parties de la surface du corps sont anesthésiques quand la couronne rayonnante de ce centre de projection est détruite. C'est toutefois une question de savoir si l'*instinct sexuel,* dépendant des organes internes, en particulier des glandes dont les produits de sécrétion sont en rapport avec la réalisation de cet instinct, est représenté dans la sphère tactile du télencéphale. De même pour la *faim,* sinon pour la *soif,* dont les sensations arrivent certainement à la conscience par le trijumeau et le glosso-pharyngien.

Sous le titre de « *Biographie eines fixen Wahnes* », Casper avait déjà décrit, il y a plus de cinquante ans (1), ce que Bechterew a nommé *die*

(1) Casper. *Denkwürdigkeiten zur medicinischen Statistik.* Berlin, 1846.

Erröthungsangst (1), ce que PITRES et RÉGIS ont appelé l'*obsession de la rougeur* (*éreuthophobie*) (2), également chez des individus jeunes du sexe masculin, symptôme provoqué par l'obsession, par l'idée incoercible de la possibilité de rougir soit devant des témoins, soit dans certains lieux, etc. Le cas de CASPER, qui eut pour terminaison un suicide, présente le tableau complet de cette symptomatologie (3).

La rougeur émotive est un fait d'ordre psychique. MM. PITRES et RÉGIS ont réuni un certain nombre de cas cliniques très intéressants qui établissent que, dans certains cas, la cause des phénomènes vaso-moteurs résultant de cette excitation du système nerveux central peut devenir, à son tour, le point de départ d'un état d'esprit particulier, d'une obsession, d'une phobie (4). Ils distinguent : 1° des *éreuthoses simples*, sans obsession d'aucune sorte ; 2° des *éreuthoses émotives*, avec préoccupations, mais sans obsession non plus ; 3° des *éreuthoses obsédantes* (*éreuthophobies*), caractérisées par une obsession véritable, une phobie extrêmement pénible et tenace. Des neuf sujets présentant cette variété d'une façon typique, tous étaient des hommes, à l'exception d'un, ce qui s'accorde avec « l'influence psychique prépondérante de la rougeur dans le sexe masculin » : l'éreuthophobie paraît spéciale à l'homme. Tous les sujets, neurasthéniques constitutionnels, dégénérés à stigmates, étaient jeunes (de vingt à trente ans environ); tous avaient des nerveux, des alcooliques ou des tuberculeux dans leur famille, et, dans leurs ascendants ou leurs collatéraux, des individus timides ou enclins à rougir. La crise de rougeur, à part quelques différences légères, est la même chez tous les malades : elle survient sous l'influence d'une représentation mentale de l'accès, de la pensée secrète, obsédante, anxieuse, de rougir : « Si j'allais rougir! » « Je vais rougir ! » Les auras jusqu'ici notées consistent en sensations de chaleur, en sueurs, palpitations, dyspnée, congestion encéphalique, obscurcissement de la vue, battements de paupières, bourdonne-

(1) V. *Neurol. Centralbl.*, 1897, 386-391.

(2) *Archiv. de neurol.*, 1897.

(3) A. HOCHE, qui a retrouvé cette observation, estime qu'elle n'aurait pu échapper à ces auteurs, s'ils avaient lu l'article capital de WESTPHAL, *Ueber Zwangsvorstellungen* (Berlin. klin. Wochens., 1877, 669), où le cas de CASPER est l'objet d'un examen. Comme il ne s'agit, dans les observations de B.CHTEREW, de PITRES et de RÉGIS, que d'idées fixes (*Zwangsvorstellungen*), il nous paraît, comme à HOCHE (*), assez inutile de forger un nouveau mot et de créer une nouvelle phobie correspondant uniquement à la nature de ces idées.

(4) *L'obsession de la rougeur (éreuthophobie)*, par A. PITRES et E. RÉGIS. Extr. des Arch. de neurol., 1897, n° 13.

(*) V. Neurol. Centralbl., 1897, 528. *Mittheilung an den Herausgeber.*

ment d'oreilles, paralysie spasmodique et incoordination transitoires des muscles du facial inférieur, de la bouche, de la langue, des extrémités, etc. Des accès de colère et de fureur éclatent. Le corps est agité d'un tremblement général ; le trouble et l'angoisse du malade sont inexprimables. Enfin, il existe un état mental particulier interparoxytique.

Dans une lettre écrite à l'un des auteurs français, un de ces malades s'exprime ainsi : « Ne pourrait-on pas empêcher les gens de rougir malgré eux ? N'est-il pas une teinture imitant le sang naturel, qui pourrait donner au teint une nuance feu permanente, de façon à avoir toujours le visage coloré ? ou bien ne pourrait-on pas infiltrer entre la première et la deuxième peau un liquide quelconque, absolument comme on fait pour un tatouage ; seulement au lieu d'être bleu, ce serait rouge ?... »

L'histoire la plus curieuse à cet égard est celle de A... Désireux de guérir à tout prix, il entre à l'hôpital, dans le service de M. le Pr Pitres, et réclame des sangsues. On lui applique quatre sangsues dans la région mastoïdienne et on laisse couler le sang assez abondamment. Le lendemain, le malade se sent mieux, mais il demande déjà une saignée plus forte, et, peu de jours après, mécontent du résultat, il réclame une opération plus radicale, la ligature des deux carotides. On se décide à lui donner un semblant de satisfaction et à pousser l'essai de psychothérapie à ses dernières limites. M. le Pr Demons, après avoir endormi A..., lui fait une longue incision sur le trajet de la carotide droite. La plaie est refermée à l'aide de plusieurs points de suture et recouverte d'un pansement complet. Sur la pancarte, on inscrit, en gros caractères : « Ligature de la carotide droite ». Tout d'abord le malade se trouve soulagé ; il se regarde constamment à la glace. Le dixième jour on enlève les points de suture et on continue le pansement. Depuis plusieurs jours déjà, A... est inquiet ; il trouve que l'effet produit laisse à désirer et demande la ligature de l'autre côté. Il devient obsédé, irascible, violent. Il est renvoyé de l'hôpital après une algarade. Depuis, il est plus obsédé que jamais et ne cesse de réclamer une opération nouvelle. « La carotide, dit-il, a réussi dans un genre, parce que le sang monte moins, mais le cerveau est toujours très faible. C'est là qu'il faudrait travailler, prendre le mal dans sa racine. Pour moi, ce qu'il faudrait, ce serait un changement de cerveau, une extraction du cerveau. Que voulez-vous ? Mourir pour mourir ! »

L'interprétation scientifique de la rougeur émotive, le mécanisme physiologique de la production du phénomène pathologique qui a donné son nom à cette phobie, ont été indiqués par Bechterew (1).

Cette affection relève bien de l'obsession anxieuse, de la peur pathologique ; il l'a observée également chez des sujets masculins dont le système nerveux avait toujours été hyperexcitable, chez des neurasthéniques, des dégénérés, plus rarement chez des hystériques. L'affection, dont les causes préexistent ainsi à l'événement qui la provoque, remontait, chez un des sujets de Bechterew, à la onzième année. La cause

(1) W. von Bechterew. *Die Erröthungsangst als eine besondere Form von krankhafter Störung.* Neurol. Centralbl., 1897, 386 sq.

immédiate de la rougeur réside dans un trouble purement psychique, dans la pensée ou plutôt l'obsession, la peur de rougir devant le monde, car si l'attention du malade est distraite, s'il oublie son idée fixe, la rougeur n'apparaît pas. Le soir, dans l'obscurité, quand la rougeur du visage peut passer sans être remarquée, la rougeur ne se produisait pas, non plus que quand les malades étaient seuls, dans les observations de BECHTEREW. Enfin, ce médecin a pu aussi se convaincre de la gravité du mal, même *quoad vitam,* à cause des idées de suicide, et de son incurabilité à peu près complète.

Quant à la *pathogénie* de la phobie de la rougeur, elle a, selon nous, son explication physiologique dans les résultats des recherches expérimentales que BECHTEREW avait entreprises, avec MISSLAWSKI, touchant l'influence des centres corticaux du pallium des hémisphères sur la pression sanguine et l'activité du cœur (1).

La stimulation électrique du gyrus sigmoïde présente, dans la plupart des cas, une différence très nette dans les courbes typiques, selon que l'on excite la région antérieure ou la région postérieure de cette circonvolution. « L'excitation de la partie interne du segment antérieur du gyrus sigmoïde, en avant du *sulcus cruciatus,* celle de tout le segment postérieur de la même circonvolution, en arrière du même sillon, et des plis corticaux de la Ire et de la IIe circonvolutions externes qui délimitent cette région en arrière, aussi bien que l'excitation de la face externe du lobe temporal, a constamment pour effet, après une période latente plus ou moins longue, de déterminer une *élévation* de la pression sanguine. Au contraire, l'excitation de points différents de toute la partie externe et moyenne du segment antérieur du gyrus sigmoïde, ainsi que des parties voisines de la IIe circonvolution externe, produit un *abaissement* plus ou moins considérable de la pression, suivie d'une élévation. Mais, dans quelques expériences, où l'on excita surtout la partie externe du segment antérieur du gyrus sigmoïde, on observa un abaissement très net de la pression sanguine, d'une durée plus ou moins longue, sans que cet abaissement ait été suivi d'une élévation. L'abaissement de la pression suivi de l'élévation fut observé aussi dans quelques cas où l'excitation avait porté sur le bord externe du sillon crucial, là où les segments antérieur et postérieur du gyrus sigmoïde se continuent, bien que, dans la plupart des expériences, l'excitation de cette région eût pour effet une élévation de la pression plus ou moins forte après une période latente, effet qui

(1) BECHTEREW und MISSLAWSKI. *Ueber den Einfluss der Hirnrinde und der centralen Hirngebiete auf den Blutdruck und die Herzthätigkeit.* Ibid., 1886. V. plus haut, p. 1256 sq.

correspond à celui qu'on obtient en stimulant tout le segment postérieur du gyrus sigmoïde et les parties adjacentes de la Ire et de la IIe circonvolutions externes. Dans nombre d'expériences, l'excitation des régions moyennes des hémisphères cérébraux (du lobe pariétal) portant sur la IIe et la IIIe circonvolutions externes, on n'obtient exclusivement qu'une diminution du tonus vasculaire. L'abaissement de la pression sanguine était excessivement net dans quelques expériences et persistait pendant toute la durée de l'excitation ; d'autres fois, elle débutait en même temps pour devenir plus faible et revenir à la normale avant la fin de l'excitation. On n'observa pas, dans ces expériences, après l'excitation de ces régions, d'élévation consécutive de la pression sanguine. » Ces centres corticaux sont des territoires où ne font certainement point défaut les nerfs dont l'action vaso-constrictive élève la pression sanguine ; mais ils contiennent, en outre, et cela de la façon la plus évidente, des nerfs qui abaissent et diminuent cette pression dans les vaisseaux des parties du corps qu'ils innervent ; en déterminant la dilatation active de ces vaisseaux, ils provoquent la *rougeur* : « Il est plus que vraisemblable que ce sont en particulier ces centres corticaux qui entrent en activité dans certains états psychiques, et que cette activité fonctionnelle se manifeste par la rougeur du visage et d'autres parties du corps, telles que le cou, la poitrine, etc. »

Dans les cas pathologiques de phobie et d'obsession de la rougeur, il doit, par conséquent, exister une hyperexcitabilité des centres corticaux vaso-dilatateurs indiqués par Bechterew et par Misslawski, hyperexcitabilité telle, qu'ils entrent en activité à la moindre excitation psychique qui s'y projette, et toujours, en tout cas, lorsque l'attention du malade est obsédée par l'idée fixe qu'il pourrait ou qu'il va rougir.

L'obsession de la rougeur est donc associée à un état émotif dérivé d'une modification de l'innervation vaso-motrice. Pitres et Régis en ont pris texte tout naturellement pour discuter les nouveautés de quelques médecins et philosophes sur la théorie de l'émotion. Plusieurs de ces novateurs, on le sait, ont cru pouvoir renverser les termes du problème; ils prétendent que l'émotion, voire la cause même de l'émotion, dérive primitivement, non pas d'un phénomène d'ordre psychique, sensations, perceptions, images, concepts, mais d'une modification vaso-motrice primordiale : elle naîtrait simplement à l'occasion de ce changement d'innervation vasculaire et ne serait que « la conscience de variations neuromusculaires. »

Déjà les savants médecins de Bordeaux entrevoient que « l'affectivité, devenue une sphère spéciale de la vie psychique, aura sa pathologie comme sa physiologie ». Toute une

série de formes morbides, classées aujourd'hui parmi les « maladies intellectuelles », deviendraient ainsi des « maladies de l'émotivité ». C'est aller un peu vite, et, avant de confesser ainsi la foi nouvelle, peut-être serait-il prudent de définir les choses et les mots. C'est ce qu'un esprit critique, un anatomiste et un clinicien aussi justement célèbre que M. Pitres semblait avoir tout d'abord très bien compris, lorsqu'il écrivait : « L'état actuel de nos connaissances ne permet pas de se prononcer encore. » Il observait fort sagement que, contre l'antériorité et la prépondérance absolues, dans la phobie de la rougeur, de l'élément affectif, on peut objecter que « les crises de rougeur, une fois l'obsession créée, sont généralement engendrées par l'*idée* de rougir, c'est-à-dire par l'*élément intellectuel*. Les paroxysmes obsédants semblent donc commandés par l'idée fixe, — l'*émotion par l'idée*. » De même dans l'état interparoxystique : « l'*idée* de la rougeur, bien que n'aboutissant pas à la crise, est chaque fois accompagnée d'une émotion plus ou moins vive et plus ou moins marquée suivant les cas. Ici encore l'*idée fixe est inséparable de l'émotion*. » Il ne s'agit pas d'ailleurs d'une idée simple, mais d'un « état psychique complexe dans lequel l'idée et l'émotion coexistent, indissolublement liées. » Voilà, je crois, la vérité, telle qu'on peut l'entrevoir déjà. On peut donc admettre, concluaient les auteurs français, que, dans la crise de rougeur, « c'est l'*idée qui provoque l'émotion*, sans que cela change rien à cette conception psycho-pathologique que le trouble émotif est l'élément fondamental de l'obsession. Mais, en allant au fond des choses, on s'aperçoit que le problème n'est pas aussi simple qu'il le paraît au premier abord. »

Ces graves et solides réflexions seront-elles entendues? Nous voudrions l'espérer. Les pères de l'esprit nouveau en ce domaine de la science sont W. James, Lange, Sergi. A la suite du physiologiste danois, on invoque même Malebranche. Or, l'auteur de la *Recherche de la vérité* (1674) me paraît dire tout le contraire de ce qu'on voudrait lui faire témoigner. Après avoir admis, pas une véritable « vue de génie », je le reconnais bien volontiers, que, pour régler le cours des esprits, « il y a des nerfs qui environnent les artères, tant celles qui montent au cerveau que celles qui conduisent le sang à toutes les autres parties du corps », Malebranche a écrit que « l'ébranlement du *cerveau*, qui accompagne la vue inopinée de quelque circonstance à cause de laquelle il est à propos de changer tous les mouvements de la passion, *détermine* subitement le cours des esprits vers *les nerfs qui environnent ces artères* pour fermer, par leur *contraction*, le passage au sang qui monte vers le cerveau, et l'ouvrir par leur *relâchement* à celui qui se répand dans toutes les autres parties du corps ». Il suffit de lire avec attention ces paroles mêmes de Malebranche pour se bien persuader que le philosophe cartésien ne fait point, comme le prétend Lange, des troubles ou variations de la circulation le phénomène primordial, unique, de toutes les expressions physiques de l'émotion. Loin de considérer les modifications vaso-motrices comme « le seul phénomène primitif » de ces manifestations, Malebranche invoque au contraire, comme cause initiale et *déterminante* du phénomène, un « ébranlement du cerveau » dû à une sensation consciente, à une perception, à « la

vue inopinée de quelque circonstance » ou événement psychique, capable de changer, avec « les mouvements de la passion », le cours des esprits animaux dans les nerfs. La théorie des émotions de MALEBRANCHE est la théorie même généralement reçue, celle du ton affectif qui accompagne tous les états de la sensibilité et de la pensée, sensations, perceptions, représentations ou images, idées, concepts. Ni dans l'esprit ni dans les termes cette doctrine de MALEBRANCHE n'est d'accord avec celle, je ne dis pas de LANGE, mais des médecins et psychologues qui se recommandent de LANGE.

Quelle influence les émotions exercent-elles sur les fonctions du corps ? s'était demandé le savant médecin danois. Et d'abord, qu'est-ce qu'une émotion ? On l'ignore, avoue LANGE. Mais on en peut dire autant de tous les processus psychiques considérés en soi, c'est-à-dire en dehors de leurs différents modes d'expression par le geste, la parole, l'écriture, etc. A cet égard, les émotions, la peur, la tristesse, la joie, etc., encore que d'une complexité plus grande, ne sont ni plus ni moins conscientes, ni plus ni moins réelles que les perceptions, représentations, etc., bref, que les états mentaux de tout ordre, dont pas un seul n'est dépourvu de ton affectif ou émotionnel. La nature de l'émotion a donc paru à LANGE manquer de toute précision scientifique. Restent les caractères objectifs de cet état psychique ; il les prend pour point de départ : « Quand un homme est triste ou gai, angoissé ou irrité, il n'est pas seulement atteint dans sa sensibilité personnelle et subjective : en général il laisse voir son état à ceux qui l'entourent par toutes sortes d'expressions physiques involontaires qui chez lui *vont de pair* avec les sentiments d'angoisse, de joie, etc. Ces expressions corporelles et physiologiques offrent un point de départ, le seul assurément, pour une étude scientifique ». Les phénomènes vaso-moteurs, les modifications du calibre des vaisseaux qui accompagnent les émotions, et, par suite, l'irrigation des différents organes, sont si peu primitifs, que le système nerveux central est « l'origine des expressions émotionnelles. » Dans chaque émotion, LANGE distingue à titre de « facteurs certains et manifestes » :

1° Une *cause*, une *sensation*, qui agit d'ordinaire par l'intermédiaire d'un *souvenir* ou d'une *association d'idées* ;

2° Un *effet*, savoir, les modifications vaso-motrices et les changements qu'elles amènent dans les fonctions organiques et mentales.

Il est évident, il est « certain », comme s'exprime LANGE, que la fatigue et le relâchement des muscles, le froid et l'anémie de la peau, l'impuissance du cerveau à évoquer et à associer des idées, qu'on éprouve dans la tristesse, déterminent un état de conscience, une cénesthésie bien différente de celle que provoqueraient les modifications organiques correspondant à la joie ou à la colère. Mais quelle est la cause connue de ces variations de l'innervation des muscles de la vie de relation, des glandes et des vaisseaux sanguins ? Quelle est la « cause » qui « produit ces phénomènes » ? C'est, par exemple, un souvenir, chez la mère qui est triste parce qu'elle a perdu son enfant, et qui ne veut pas être consolée. Certes, cette mère s'indignerait, nous le croyons avec LANGE, si on lui démontrait que sa tristesse n'est qu'un phénomène de cénesthésie, car il n'y a rien de plus, lorsqu'on fait abstraction de la « cause » de l'émotion, — ici un souvenir, une image ou représentation mentale, — pour ne considérer que la conscience des modifications vaso-motrices déterminées, comme dit MALEBRANCHE, par « l'ébranlement du cerveau » qui accompagne la

vision interne de l'enfant mort. Et cependant le traducteur français du texte allemand de LANGE, M. GEORGES DUMAS, écrit tout d'un trait : « Supprimez la fatigue et la flaccidité des muscles, rendez le sang à la peau et au cerveau, la légèreté aux membres, que restera-t-il de la tristesse ? — absolument rien que le souvenir de la cause qui l'a produite. »

Mais qui ne voit que ce « rien » est tout, et qu'aussi longtemps que le « souvenir de cette cause » subsistera, l'émotion persistera avec son cortège de symptômes ? Ce médecin n'a garde de le contester ; il reconnaît que, dans toute émotion, « un fait initial » existe, qui peut être une idée, une image, une perception, une sensation même ; ces « états mentaux » retentissent sur les centres vaso-moteurs : « l'émotion » n'est que « la conscience de ces variations organiques que l'excitation de ces centres amène dans le corps ». LANGE peut donc dire à cette mère affligée : « Quelle qu'en soit la source, votre sentiment est toujours aussi fort, aussi profond, aussi pur. » C'est là, selon nous, une psychologie qui, pour manquer de nouveauté, n'en est pas moins exacte.

Mais voici ce que LANGE ajoute ensuite : « Supprimez dans la peur les symptômes physiques, rendez le calme au pouls agité, au regard sa fermeté, au teint sa couleur normale, aux mouvements leur rapidité et leur sûreté, à la langue son activité, à la pensée sa clarté, que restera-t-il de la peur ? » Ne tombe-t-il pas sous le sens qu'il restera — la peur, l'émotion psychique, dont les symptômes décrits ne sont que l'expression ? Aucun de ces symptômes, associé ou isolé, n'évoquera l'émotion de la peur chez un animal dont un « ébranlement du cerveau » n'aura pas retenti sur les centres d'innervation des muscles volontaires ou involontaires, sur les centres de l'activité motrice et vaso-motrice de l'écorce du cerveau primitivement, sur les centres bulbaires secondairement, si bien que la conscience des réactions organiques ainsi produites constitue, pour cet animal, le choc en retour, en quelque sorte, d'un ensemble immense de réactions parties de l'écorce, c'est-à-dire d'un état de conscience particulier, pour aboutir à un état général de cénesthésie secondaire, consécutive, nécessairement en accord, quant au ton affectif, avec la cause qui a déchaîné l'avalanche nerveuse.

C'est par l'excitation du centre vaso-moteur que les *causes de l'émotion*, quelles qu'elles soient, déterminent les phénomènes physiologiques qui constituent, selon LANGE, l'essence des émotions.

Or, cette excitation peut venir, non seulement de tel ou tel sens, mais des « processus psychiques » les plus variés. Outre le centre vaso-moteur de la moelle allongée, que LANGE et la plupart des auteurs ont en vue, il existe un centre vaso-moteur cortical localisé dans la région rolandique. Qu'il s'agisse d'une impression simple, telle qu'un son, une

apparition colorée, ou d'un processus d'association, d'un souvenir, d'une cause morale — et les émotions d'origine purement psychique ont des effets beaucoup plus intenses et plus durables, une réaction émotionnelle beaucoup plus forte que les simples excitations des sphères sensorielles de l'écorce — c'est toujours, en dernière analyse, le retentissement de l'impression sensible ou de la décharge nerveuse d'un groupe de représentations sur les centres moteurs et vaso-moteurs qui déterminera l'état de la « conscience des variations organiques » consécutives aux changements d'innervation musculaire partis des centres encéphaliques et bulbaires.

L'exemple choisi par Lange, et illustré d'un schéma, est des plus instructifs : Le petit enfant crie lorsqu'il aperçoit la cuillère dans laquelle on lui a fait prendre, une fois ou deux, une médecine de saveur désagréable. Les deux impressions ont été transmises, en effet, à l'origine, aux centres corticaux de la *gustation* et de la *vision*, d'où elles ont retenti sur les centres d'innervation motrice et vaso-motrice ; de là les cris, les mouvements d'expression de dégoût et d'effroi. Désormais, ces émotions se renouvelleront toutes les fois que l'un des deux centres associés dans ce complexus, celui de la vision où l'image de la cuillère est devenue consciente, évoquera cet objet, encore que le centre des saveurs, devenu ici plus excitable par la répétition et la sommation des excitations, réagisse d'une façon plus efficace encore sur le centre vaso-moteur et déchaîne toute la suite des phénomènes organiques secondaires. Cet exemple a été choisi parmi les plus simples et les moins compliqués. Mais les grands traits du processus, affirme Lange, restent toujours les mêmes : toujours l'excitation se transmet des « centres sensibles » aux « cellules corticales », et de celles-ci aux « cellules vaso-motrices ». MM. Pitres et Régis n'avaient-ils pas raison d'écrire, comme ils l'ont fait, que « le fait *qu'une émotion est produite par une pensée* » n'a rien qui soit contraire à la théorie de Lange, d'après laquelle l'émotion consiste essentiellement en « la conscience des modifications vaso-motrices (1) ? »

William James avait précédé dans cette voie le savant danois ; ses premiers travaux ont paru, en 1884, dans *Mind* (p. 188-205), sous ce titre : *Qu'est-ce que l'émotion?* M. L. Marillier a exposé, avec les autres doctrines du célèbre psychologue américain, cette théorie des émotions (2) ;

---

(1) Le professeur d'anatomie pathologique à l'Université de Copenhague, Lange, avait exposé cette théorie en 1885, dans un livre que Kurella a traduit en allemand (*Ueber Gemüthsbewegungen*. Leipzig, 1887) et Georges Dumas en français (*Les Émotions*. Paris, 1895).

(2) Rev. philos., février 1893.

KRAEPELIN en a, dès 1885, publié une critique dont nous croyons devoir adopter les conclusions (1). Pour JAMES aussi, l'émotion n'est que la conscience que nous avons des réactions organiques, vasculaires, motrices, glandulaires, etc., provoqués par certaines perceptions ou certains souvenirs. Nous n'avons qu'une conscience confuse des réactions organiques qui sont à la base des émotions : « la nouvelle de la mort de notre père nous fait pleurer sans que nous ayons eu besoin d'avoir l'idée des larmes présente à l'esprit. » Cela est vrai ; mais, sans le souvenir du père (chez un dément, par exemple), sans « l'ébranlement du cerveau » qui accompagne cette évocation mentale, et « *détermine* subitement le cours des esprits vers les nerfs qui environnent les artères », disait MALEBRANCHE, — sans la décharge nerveuse des centres d'association corticaux sur les centres de projection moteurs et vaso-moteurs, disons-nous, — l'émotion se serait-elle produite, avec son cortège de larmes, de sanglots, de pâleur, de syncope ? On voit sans plus combien il est peu digne d'un psychologue capable de réflexion de venir dire au public : « Le sens commun dit : Nous perdons notre fortune, nous en sommes attristés et nous pleurons ; nous rencontrons un ours, nous sommes effrayés et nous fuyons, etc. » Il faut dire : « Nous sommes tristes parce que nous pleurons, nous sommes effrayés parce que nous fuyons, etc. » Ce sont là de « petites drôleries » qui font sourire, dans le *Bourgeois gentilhomme*, quand le maître de philosophie en débite de tout à fait semblables à M. JOURDAIN.

M. JAMES a même supposé que, dans les cas d'anesthesie générale, les émotions feraient défaut. Cette supposition n'a point reçu la moindre confirmation de l'observation. Les images mentales persistent avec leur ton affectif, avec leur accompagnement émotionnel, quelque affaibli qu'il soit, dans les centres d'association du cerveau, alors que depuis des années déjà les centres sensoriels corticaux, les centres de projection, se sont éteints comme autant de foyers. Bien loin que les états affectifs soient radicalement distincts des états intellectuels, ainsi qu'on le répète, il n'existe pas de sensation, de perception, d'image, de concept même sans *ton affectif*, et, suivant l'intensité et surtout la complexité du processus psychique, sans *état émotif* concomitant. Au lieu d'en être « radicalement » distincts, les états affectifs accompagnent tous les processus psychiques comme l'ombre fait le corps.

Avant l'apparition, dans l'individu et dans l'espèce, des représentations corticales (chez les poissons osseux, par exemple), le ton affectif et les réactions émotionnelles accompagnaient les sensations, les perceptions,

(1) Allg. Zeitsch. f. Psych., XLI, 1885.

tous les états de conscience des centres sous-corticaux. Les états affectifs, les émotions, n'ont donc jamais été séparés des processus psychiques, quels qu'aient été ces derniers ; ils ne sauraient, en effet, exister séparément des sensations, perceptions et images, dont ils constituent, avec la qualité et l'intensité, une des propriétés élémentaires. On voit combien les cliniciens seraient mal venus à parler d'une physiologie et d'une pathologie de « l'affectivité » et de « l'émotivité ».

Ni William James, ni Lange, ni Sergi n'ont rien découvert à proprement parler, ils n'ont redressé aucune erreur, ils n'ont rien remis à sa véritable place dans la suite et l'enchaînement des phénomènes ; ils ont simplement exagéré l'importance de l'un des facteurs de la production des émotions, et cela au point de paraître avoir démontré que la question de l'étiologie des émotions, des passions et des sentiments était d'ordinaire « posée à l'envers » et qu'on devait renverser les termes de ce problème de psychologie. C'est à coup sûr ce paradoxe qui a séduit quelques esprits distingués et en a induit en erreur beaucoup d'autres. Mais le paradoxe n'était que dans l'énoncé du problème. Pris à la lettre, il contient un paralogisme, ce qui n'était pas davantage pour éloigner les gens épris de paradoxe, qui n'ont point l'habitude de reculer devant l'absurde et dont le principal article de foi en matière scientifique paraît toujours avoir été formulé dans les mots de Tertullien : *Prorsus credibile est quia ineptum est.*

Déjà Wernicke savait que les besoins instinctifs, tels que la *faim* et la *soif*, les *sentiments*, les *états affectifs*, les *passions*, et jusqu'aux opérations les plus élevées de l'entendement, telles que « les travaux scientifiques », s'accompagnent, aussi bien que les plus simples mouvements, de ton émotif, ou, comme il s'exprime, d'excitations émotionnelles (*Gemüthserregungen*) (1). Ces processus ne sont naturellement pas plus localisés ni localisables que l'intelligence ou la volonté ; ce sont, comme celles-ci, des fonctions d'association de l'organe tout entier de l'intelligence (*Associationsleistungen des ganzen Bewusstseinsorgan*), c'est-à-dire du manteau des hémisphères. Peut-être vaut-il mieux dire, avec Paul Flechsig, des centres d'association corticaux.

Mais c'est surtout dans le livre de Lehmann, traduit du danois en allemand sous ce titre : *Die Hauptgesetze des menschlichen Gefühlsleben* (Leipzig, 1892), qu'on trouve l'étude approfondie, fondée essentiellement sur des recherches expérimentales, de la vie affective et émotionnelle du

(1) C. Wernicke. *Gesammelte Aufsätze zur Pathologie des Nervensystems.* Berlin, 1893, p. 140.

cerveau. Pour LEHMANN le ton affectif, plaisir ou douleur, est inséparable de toute sensation, quelle qu'elle soit. Lorsqu'on a cru pouvoir dissocier les éléments intellectuels et émotionnels d'une sensation, par exemple, l'on a erré *toto cœlo*. Quand, du fait de la sommation des excitations, une sensation de pression devient douloureuse, ce n'est évidemment pas parce qu'un élément émotionnel, la douleur, s'ajoute à la sensation commune primitive. OBERSTEINER a démontré que le retard de la sensation douloureuse dans le tabes ne doit pas faire croire à l'existence de deux sensations distinctes et successives, celle de pression ou de piqûre et celle de douleur ; il ne s'agit que d'une seule sensation avec le degré différent d'intensité que détermine la sommation des excitations dans l'organe central de la moelle épinière. Le ton émotif (*Gefühlsbetonung*), les passions et les émotions, associées directement aux représentations, sont à la fois causes et effets des changements d'innervation motrice et vaso-motrice de l'organisme, des variations du rhythme de la respiration et des pulsations cardiaques, des modifications de la circulation dans les diverses parties du corps, etc. Les états de conscience dont le ton affectif est le plaisir ou la joie s'accompagnent d'une vaso-dilatation des vaisseaux de la périphérie cutanée, d'une tonicité plus élevée des muscles volontaires (surtout des muscles de la respiration), d'une augmentation d'amplitude des mouvements du cœur. Les états de conscience dont le ton affectif est la peine ou la tristesse s'accompagnent d'une vaso-constriction des vaisseaux de la surface du corps, de troubles de diverse nature dans l'innervation des muscles striés et des muscles lisses, enfin d'une diminution d'amplitude des mouvements du cœur. C'est en quelque sorte l'écho ou le retentissement dans la conscience de ces « phénomènes d'accompagnement » des émotions que provoquent les états différents de cénesthésie cérébrale. KRÄPELIN inclinait à considérer ces phénomènes moteurs d'accompagnement des émotions comme de simples résidus, comme des survivances de mouvements primitivement volontaires tombés à l'état de réflexes qui, bien loin d'être la *cause* des états émotionnels, réagiraient simplement aux impressions externes et internes en vertu des lois générales de la téléologie mécanique.

En résumé, le mécanisme de la conscience musculaire, articulaire, tendineuse, cutanée, etc., celui de la notion de position et d'innervation des différentes parties du corps, de l'état de la circulation, de la respiration, des sécrétions et des excrétions, etc., nous paraît de tous points identique au mécanisme de la conscience des émotions morales et intellectuelles. Là, comme ici, il ne s'agit que d'une cénesthésie des modifications organiques provoquées par des excitations du milieu interne ou du milieu externe, transmises au système nerveux central, à la fois point

de départ des courants moteurs ou centrifuges qui ont déterminé les variations d'innervation des muscles lisses et des muscles striés, et point d'arrivée des courants centripètes ou sensitifs qui, des muscles volontaires et involontaires, des glandes et des viscères, propageant jusque dans l'écorce leurs ondes nerveuses, ont modifié l'état de nutrition des neurones d'association des centres intellectuels d'une manière correspondante à la qualité, à l'intensité, au ton affectif et surtout à la complexité du stimulus initial, — perception, image, concept, — qui déchaîne l'avalanche nerveuse.

Mécanisme anatomique du rire et du pleurer spasmodiques ou réflexes. « Quant aux autres mouvements extérieurs qui ne servent point à éviter le mal ou à suivre le bien, mais seulement à témoigner les passions, comme ceux en quoi consiste *le rire et le pleurer,* a écrit DESCARTES, ils ne se font que par occasion, et parce que les nerfs par où doivent entrer les esprits pour les causer ont leur origine tout proche de ceux par où ils entrent pour causer les passions, ainsi que l'anatomie vous peut apprendre (1). »

Dans les paralysies de cause centrale, les muscles qui ne peuvent plus être contractés volontairement demeurent encore capables d'exécuter des mouvements de nature purement réflexe. La raison de ce fait bien connu, c'est que les centres d'innervation volontaire et réflexe d'un même groupe de muscles sont différents. Au cas, par conséquent, où une lésion d'un centre d'innervation volontaire a entraîné une paralysie des mouvements de cet ordre, si le centre d'innervation réflexe correspondant est demeuré intact, la motilité réflexe doit pouvoir persister en dépit de la perte de la motilité volontaire. « Mais pour les muscles de la face, la question de leur innervation est plus complexe : outre les mouvements volontaires et les mouvements réflexes simples, il importe encore de distinguer un groupe spécial de mouvements réflexes : les *mouvements d'expression,* comme on les appelle, mouvements par lesquels se manifestent les passions et les émotions, telles, par exemple, que le rire. Ce n'est que dans ces derniers temps que le rapport de l'innervation mimique et de l'innervation volontaire a été éclairé, et, quoiqu'on sache depuis plus de cinquante ans que l'une peut être affectée indépendamment de l'autre, naguère encore on ne possédait de ce fait aucune interprétation exacte (2). »

---

(1) DESCARTES. *L'Homme.* Œuvres, IV, 419.

(2) P. ROSENBACH. *Zur Lehre von der Innervation der Ausdrucksbewegungen.* Neurol. Centralbl., 1886, 241 sq.

D'après ROSENBACH, ce fut CHARLES BELL qui traita le premier la question. En présentant à ses élèves un cas de paralysie faciale périphérique, il fit remarquer que la moitié paralysée de la face demeurait immobile lorsqu'elle riait. Il note ensuite que les fonctions de la respiration, du langage, de l'expression, peuvent être diversement affectées : « Ainsi un homme, disait CHARLES BELL, conservera encore intact son pouvoir sur ce nerf (le nerf facial), en tant que nerf du langage, et sera pourtant impuissant à faire prendre à ses traits l'aspect ordinaire du rire ou du pleurer. Souvent même vous n'observerez chez votre malade la paralysie d'une moitié de la face que s'il rit ou s'il pleure, pas à d'autres moments. » A. MAGNUS publia plus tard (1837) une observation de *paralysie bilatérale du facial qui n'empêchait point le malade de rire et de sourire.* Répugnant à considérer la mimique comme un simple mouvement réflexe, puisqu'elle est toujours excitée par des représentations, il localisa son centre d'innervation dans les régions du cerveau d'où partent les incitations motrices volontaires ; il crut devoir repousser l'hypothèse d'une espèce particulière de mouvements réflexes possédant dans le cerveau un organe spécial. Il faudrait, en effet, admettre, dans cette hypothèse, que, « de même que les représentations auraient leur siège fonctionnel dans une certaine partie du cerveau, la volonté devrait aussi avoir son siège dans une partie déterminée du même organe, d'une manière indépendante des représentations, si bien qu'il existerait dans le cerveau un organe de la volonté (*Willensorgan*) ; or une pareille supposition est contraire à toutes nos idées psychologiques (1) ». MAGNUS en conclut donc que la cause de l'excitation des muscles par les représentations mentales du rire, excitation que le stimulus de la volonté reste impuissant à provoquer, doit être cherchée dans une diversité quantitative ou qualitative de ces deux sortes de représentations. A l'autopsie de ce cas, on trouva un foyer apoplectique, un « kyste hémorrhagique » de la grosseur d'une noix dans l'hémisphère droit « tout à fait au bord externe, là où le lobe antérieur se rencontre avec le lobe moyen ».

ROMBERG, qui rapporta ce cas dans son *Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen* (3 Aufl. 1853, I. 790), en décrivit un autre, observé par STROMEYER, et qui présentait des phénomènes précisément inverses. Chez une fille de douze ans, la moitié droite de la face demeurait sans aucune expression dans les divers états émotifs et ne trahissait aucun mouvement correspondant à l'accélération de la respiration après avoir couru, gravi

(1) MAGNUS. *Fall von Aufhebung des Willenseinflusses auf einige Hirnnerven* MÜLLER'S Archiv, 1837, 258-266, 564, 567. Cité par ROSENBACH.

un escalier, etc. Et cependant cette enfant pouvait, sous l'influence de la volonté, contracter les muscles de ce côté aussi bien que ceux du côté sain. Romberg ne rechercha point la cause de ce phénomène.

Nothnagel fit ici le premier la lumière. En comparant les cas jusque-là observés et suivis d'autopsie, il vit que, dans les observations où l'on avait constaté, en même temps que l'abolition de l'innervation volontaire du facial, la conservation des mouvements d'expression du rire, du pleurer, etc., le *thalamus* et sa *couronne rayonnante*, qui le relie à la masse des hémisphères, *avaient été trouvés intacts* ; dans les conditions directement inverses, comme dans le cas de Stromeyer, on devrait sans doute s'attendre à rencontrer une lésion isolée de la couche optique (1). On sait quelle brillante confirmation a reçue la conception de Nothnagel, qui ne pouvait être à l'origine qu'une généralisation fondée sur un nombre assez restreint d'observations, des recherches expérimentales de Bechterew sur les fonctions des couches optiques.

Point de question plus obscure dans la physiologie du système nerveux central que celle des fonctions des couches optiques. Depuis bien longtemps on a signalé les rapports du thalamus non seulement avec la sensibilité générale et spéciale, mais avec la motilité (Saucerotte, Serres, Lussana, etc.), avec la production des mouvements de manège (Magendie, Longet, Schiff), avec les désordres de l'équilibre (Renzi). Bechterew a vu des troubles de la vision suivre des lésions destructives des parties antérieures et postérieures du thalamus. Les lésions concomitantes de la capsule interne expliquent, selon lui, les autres troubles notés par les auteurs, ainsi que celles de la substance grise centrale du plancher du troisième ventricule (région de l'*infundibulum*) (2). L'excitation *mécanique* et *électrique* du *thalamus* a en outre provoqué, dans ses expériences, le *goulgoul* des pigeons, le *couak* des grenouilles, l'aboiement du chien, c'est-à-dire des cris émotionnels, dont Longet et Vulpian avaient localisé le siège d'excitation réflexe dans la protubérance annulaire, Goltz dans les tubercules bi et quadrijumeaux et Ferrier dans certaines parties de ces ganglions

---

(1) *Topische Diagnostik*, 1879, 251-255. Cf. Barlow. Brit. med. Journ., 1877.

(2) Bechterew. *Zur Physiologie des Körpergleichgewichts. Die Function der centralen grauen Substanz des dritten Hirnventrikels.* Pflüger's Arch., XXXI. Dans ses expériences, Bechterew n'a jamais vu les mouvements de manège ni les troubles de l'équilibre résulter d'une lésion isolée du thalamus quand la substance grise centrale du troisième ventricule avait été épargnée. Cette région de substance grise a des fonctions qui, au point de vue de l'équilibre, rappellent celles des canaux semi-circulaires et des corps olivaires de la moelle allongée. Ajoutons que, encore que l'on ignore si le nerf vestibulaire ou nerf des canaux semi-circulaires est en rapport avec le thalamus, si un noyau spécial du thalamus lui appartient en propre, ce nerf possède de nombreuses connexions avec le *noyau lenticulaire*.

(les éminences postérieures en particulier). Or BECHTEREW a constaté que ces modes d'expression réflexe des sentiments et des émotions ne sont pas abolis par l'ablation des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux et qu'ils persistent aussi longtemps que les deux *thalami* sont intacts. S'ils sont détruits, quoique les hémisphères cérébraux soient conservés, et que la motilité et la sensibilité persistent également, l'expression des émotions n'a plus lieu chez les animaux au moyen des cris correspondants. Il existe donc dans la couche optique une innervation réflexe des groupes de muscles qui, dans une espèce donnée, concourent à l'expression des divers états affectifs et émotifs. « Chez les animaux dont les hémisphères cérébraux ont été enlevés, les *thalami* ne fonctionnent que sous l'influence d'*excitations périphériques,* c'est-à-dire d'excitations des surfaces sensibles du corps, de la peau et des organes des sens. Chez les animaux dont les hémisphères ont été laissés en place, l'excitation des *thalami* est déterminée par des *processus psychiques* ». Ainsi, chez les animaux décérébrés, des mouvements persistent qui servent à l'expression réflexe des sentiments de douleur ou de plaisir et sont de nécessité tout à fait indépendants de la volonté : ils résultent d'excitations périphériques de la peau et des organes des sens.

Voici deux observations de NOTHNAGEL :

Femme de 58 ans, frappée subitement d'*hémiplégie gauche* le 18 mai 1864 : parésie de la main gauche, paralysie complète du pied gauche et de la branche inférieure du facial. Mais, quoique les muscles de la moitié gauche de la face fussent tout à fait privés de *motilité volontaire,* ils se contractaient, dans les *mouvements mimiques,* aussi bien que sur la moitié droite. Autopsie (juillet) : dans le *noyau lenticulaire* droit, foyer de ramollissement qui avait envahi aussi la *capsule interne* et le bord externe du noyau caudé. — Femme de 69 ans, frappée d'*hémiplégie droite* après une attaque apoplectiforme (22 décembre 1875) : parésie du pied droit, paralysie presque complète du bras et paralysie du facial droit à l'exclusion des rameaux supérieurs des *m. frontalis, orbicularis palpebrarum* et *corrugator superciliorum.* La malade ne pouvait exécuter un seul mouvement volontaire avec la moitié droite de la face (si ce n'est naturellement avec les trois muscles de la branche supérieure du facial). Mais, dans le rire et le pleurer, la moitié droite de la face se contractait presque aussi bien que la gauche. Cet état dura jusqu'à la mort (4 juillet 1876). Autopsie : grand foyer de ramollissement dans le *noyau lenticulaire* gauche et dans la capsule interne. *Thalamus opticus intact,* de même que les radiations thalamiques.

NOTHNAGEL résumait donc expressément dans les termes suivants la doctrine qui se dégageait de ses observations et de celles jusqu'alors connues : « Lorsque, dans une lésion en foyer avec hémiplégie et paralysie du facial, la motilité volontaire des muscles de la face est perdue, quoique les deux moitiés de la face continuent à prendre également part aux émotions psychiques (*rire, pleurer, douleur,* etc.), on peut admettre que la

couche optique, ainsi que sa couronne rayonnante, réalisant ses connexions avec l'écorce cérébrale, sont intactes. »

« Par mouvements d'expression (*Ausdrucksbewegungen*), la physiologie désigne ces manifestations complexes de la sphère motrice grâce auxquelles les animaux d'espèce apparentée peuvent se comprendre réciproquement, ces manifestations étant la traduction extérieure d'états d'âme variés. » Mais cette définition, pour être admise, doit, suivant Bechterew, embrasser évidemment les mouvements d'expression de nature les plus divers, tant ceux qui sont volontaires et conformes à une fin déterminée, devenus habituels par l'effet d'un long usage, que ceux qui sont involontaires, et sur lesquels la volonté ne possède que très peu ou point d'influence. Ainsi les mouvements de la tête, affirmatifs ou négatifs, qui traduisent notre état d'esprit correspondant, le langage articulé, expression des processus psychiques les plus divers, voilà des mouvements d'expression qui reposent sur un acte volontaire et qui ont besoin, pour se développer, d'un long exercice où l'imitation joue le principal rôle. « Mais il y a d'autres mouvements d'expression, tels que les *sons* émis sous l'influence des émotions, l'*horripilation des poils* de la tête dans la peur, la *rougeur du visage* comme signe de la honte, le *pleurer*, le *rire* et bien d'autres mouvements mimiques de la face, expression des états affectifs les plus hétérogènes, surtout des passions (joie, colère, affliction, chagrin, etc.), qui ne reposent ni sur l'imitation, ni sur l'habitude, ni sur l'exercice. A peu d'exceptions près, ces mouvements sont tout à fait indépendants de notre volonté. Ils se produisent toutes les fois que des sensations et des sentiments possédant un certain degré de tension pénètrent dans notre conscience. » Cette seconde catégorie de mouvements d'expression, qui sont la suite d'une « organisation innée », se manifestent en vertu d'un *mécanisme particulier qui ne soutient aucun rapport direct avec le système des voies nerveuses servant à la transmission et à l'exécution des mouvements volontaires* (1).

Voici quelques faits apportés par Bechterew à l'appui de cette conception :

1° Presque tous ces mouvements sont dans un rapport des plus étroits avec certaines sortes de sensations et dépendent immédiatement d'excitations périphériques, telles que le chatouillement, qui déchaîne le rire spasmodique; la douleur, qui fait contracter les mâchoires et pousser des cris : la violence de ces mouvements, en réponse à ces excitations, est telle, qu'il est impossible à la volonté de les réprimer ;

2° Le plus grand nombre de ces mouvements sont accompagnés de phénomènes sur lesquels la volonté n'a que peu ou point d'influence : *phénomènes vaso-moteurs, accélération* ou *ralentissement* de l'*activité cardiaque* et de la *respiration, sécrétions*, modifications dans l'*activité des organes d'excrétion,* tels que la vessie et le rectum ;

3° Quelques mouvements d'expression, comme les *mouvements mimiques* de la *bouche* et du *nez*, ressemblent si fort à des actes réflexes vrais qu'ils en semblent être une répétition. Qu'on songe à la constance de ces mouvements toujours les mêmes sous l'influence, chez des individus différents, voire chez des races diverses, de sensations et de sentiments déterminés ;

4° On sait enfin que beaucoup de ces mouvements existent déjà pour ainsi dire « au seuil de la vie consciente », car ils se manifestent dès les premiers moments de la vie extra-utérine, alors qu'on ne saurait parler de mouvements volontaires.

---

(1) W. Bechterew. *Die Bedeutung der Sehhügel auf Grund von experimentellen und pathologischen Daten*. Arch. f. pathol. Anat. u. Phys. von Virchow, CX, 1887, 102 sq., 322 sq.

Ces faits ont conduit BECHTEREW à isoler de la catégorie générale des mouvements d'expression, tout un groupe de mouvements servant également à l'expression des sentiments et des affections de l'âme, mais qui ont pour caractéristique d'être absolument *involontaires*; il les nomme, pour les distinguer des premiers, qui sont volontaires, « mouvements d'expression affectifs ou innés » (*affective oder angeborene Ausdrucskbewegungen*). Ces mouvements, communs à presque tous les vertébrés, sont ce que beaucoup d'auteurs appellent mouvements « psychoréflexes ». BECHTEREW ne nie pas que cette désignation ne soit en partie justifiée, puisque la plupart de ces mouvements sont en effet excités d'une manière purement réflexe. Mais ce qui caractérise ces mouvements, c'est moins ce mode de production que la propriété qu'ils possèdent d'être provoqués tout à fait *involontairement,* du fait de certains changements déterminés de nos représentations et sous l'influence des émotions. Chez quelques espèces de vertébrés supérieurs, surtout domestiqués, on note bien, comme chez l'homme, certains mouvements destinés à l'expression d'images mentales associées, et, partant, volontaires. « Mais, en tout cas, la plupart des mouvements d'expression des animaux pris dans leur ensemble sont aussi involontaires que le sont chez l'homme le rire, le pleurer, les cris de douleur, etc., en tant qu'ils servent uniquement à l'expression des états affectifs. »

Il ressort en effet des expériences instituées par BECHTEREW sur des batraciens, des oiseaux et des mammifères, *après l'ablation des hémisphères cérébraux,* que, sous l'influence d'excitations correspondantes propres à chaque espèce, et dont les réactions se manifestent toujours les mêmes à l'état normal, on provoque les mêmes mouvements, souvent fort complexes, qui servent à l'expression des émotions et des sentiments. Pour les distinguer des mouvements réflexes simples, il appelle ces actes moteurs compliqués « mouvements réflexes d'expression ». La seule différence présentée par l'animal selon qu'il est intact ou qu'il a subi cette opération, c'est que le premier émet des sons ou exécute d'autres mouvements d'expression (grincement des dents, hérissement des plumes ou des poils, redressement ou application des oreilles contre la tête, etc.) souvent sans incitation extérieure, mais par l'effet de processus psychiques, tandis que le dernier, dont l'organe de l'activité psychique a été détruit, ne manifeste les mêmes phénomènes que sous l'influence de diverses stimulations périphériques (excitations cutanées, gustatives, auditives, peut-être même optiques). Les besoins et les instincts ne laissent pas d'ailleurs de déterminer des réactions motrices appropriées chez les animaux décérébrés, manifestations extérieures d'excitations internes persistantes, telles que celles de la faim : sous cette influence, BECHTEREW

a vu souvent l'oiseau frapper de son bec le sol et les objets environnants, le cobaye faire à vide, avec ses mâchoires, des mouvements de mastication. J'ai observé ce dernier fait, chez l'homme aussi, quand l'inanition volontaire est poussée très loin. Une autre différence entre les animaux décérébrés et les animaux normaux, c'est la constance et la régularité en quelque sorte machinales avec lesquelles les premiers répondent aux stimulations extérieures, ce qui n'est pas le cas pour les seconds. Chez l'animal sain, comme chez l'homme, si la plupart des mouvements d'expression suivent immédiatement une excitation externe déterminée, c'est qu'ils sont de nature réflexe : ce n'est que grâce à la « volonté » qu'ils peuvent être inhibés ou même réprimés. Une autre remarque du savant physiologiste russe qui nous paraît importante pour la théorie des émotions en général, c'est que, chez les animaux décérébrés comme chez les autres, des *excitations* différentes sont accompagnées de *mouvements d'expression* différents, mais toujours les mêmes. Ainsi, chez quelques mammifères, des irritations douloureuses, en même temps que des cris violents, provoquent une expression mauvaise de la face ; il suffit, d'autre part, de passer doucement la main sur le dos de l'animal pour déterminer, avec le frétillement de la queue, certains sons (le ronron du chat) qui, chez l'animal intact est l'expression d'un sentiment de satisfaction. C'est ainsi que, dans une certaine période de la narcose chloroformique, l'homme répond encore par des cris et des gémissements à de violentes excitations douloureuses sans qu'il en ait conscience ni qu'il en conserve aucun souvenir : il y a ici un exemple très net de transmission immédiate (sans participation des centres conscients) de sensations générales (douleur, etc.) aux voies de conduction motrice qui innervent les muscles des mouvements d'expression. Il en est tout à fait de même des animaux privés de leurs hémisphères cérébraux, dont les cris et les mouvements sont alors de nature purement *réflexe*. Alors même qu'on admettrait la persistance, chez ces animaux, de « perceptions élémentaires », cela ne changerait rien à la nature des phénomènes.

Si tous les *mouvements d'expression* des animaux *décérébrés* doivent être considérés comme *réflexes*, il sera nécessaire d'admettre l'existence et de *voies nerveuses centripètes* provoquant leur excitation, et d'un *centre* d'origine de nerfs moteurs allant innerver, d'une part, les muscles du larynx et de la cavité buccale, d'autre part, tous les muscles du corps servant aux mouvements d'expression. L'interruption de cet arc réflexe sur un point quelconque devra de nécessité abolir la possibilité de ce réflexe. Ainsi l'interruption des voies nerveuses centrifuges allant aux muscles du larynx et de la cavité buccale mettra fin pour toujours à l'expression réflexe de la voix de l'animal. Enfin, si le centre réflexe lui-même est détruit,

le cri et les autres mouvements d'expression réflexes le seront également. Sans même léser le mécanisme servant à la transmission des réflexes, un stimulus douloureux, une faradisation intense appliquée sur un point du corps, abolira pour un certain temps le cri réflexe de l'animal décérébré. Goltz a inhibé de cette manière le couak réflexe de la grenouille. De violentes excitations douloureuses pourront donc épuiser pour un temps relativement court le mécanisme de la transmission des réflexes en inhibant ou en supprimant sa conductibilité nerveuse.

Où localiser ces centres des mouvements réflexes d'expression? On peut songer d'abord aux centres de la moelle allongée et de la moelle épinière, dont on connaît le rôle dans la voie des réflexes ordinaires. Mais la plupart des mouvements d'expression représentent des actes complexes où sont associés tant de phénomènes — modifications de l'activité cardiaque et du rhythme respiratoire, phénomènes vaso-moteurs, sécrétion des glandes et contractions du facial — que déjà cette variété et cette multiplicité d'actes excluent la pensée qu'on les doive rapporter aux centres de la moelle allongée et de la moelle épinière. Il doit donc exister un centre spécial des mouvements d'expression et ce centre doit être localisé au-dessus de la moelle allongée. Les expériences de Bechterew ont établi qu'il existe, dans les *couches optiques,* des centres par l'intermédiaire desquels les *stimulations tactiles* ainsi que celles d'*autres organes de sensibilité générale* excitent, d'une manière réflexe, des actes moteurs compliqués. Or, comme ceux-ci ne sont autres que les mouvements qui servent à l'animal normal pour exprimer ses sentiments et manifester ses états affectifs, il est légitime de conclure que « les couches optiques, outre leur rôle de centres réflexes, jouent encore un grand rôle dans l'expression de ces états. » Puisqu'après l'ablation d'un *thalamus* les mouvements réflexes de la mimique sont complètement abolis sur la moitié opposée du corps, il paraît bien que chaque *thalamus* exerce, relativement au moins à ces mouvements, une influence prédominante sur les muscles du côté opposé du corps. Ces mouvements n'étaient pas dus à l'excitation des faisceaux pyramidaux qui traversent la capsule interne pour se rendre à la moelle allongée et à la moelle épinière, car on les observait, chez les mammifères (lapins et chiens), en excitant les couches optiques, alors même qu'en suite d'une destruction antérieure de la zone motrice *les faisceaux pyramidaux avaient dégénéré* secondairement. Après la destruction d'un *thalamus,* les *mouvements de la mimique* sont abolis sur la moitié opposée de la face. La destruction des deux couches optiques prive l'animal de tous les moyens dont il usait pour manifester ses émotions : « ni les *muscles de la face,* ni les *oreilles,* ni la *queue,* ni aucune autre partie du corps ne sert plus à cet usage, quoique l'innervation de

la *motilité volontaire* demeure intacte. Ces faits ne permettaient pas de douter de la nature d'une des principales fonctions des couches optiques : « ce sont des centres moteurs par l'intermédiaire desquels s'exécutent surtout les *mouvements innés d'expression,* déterminés soit sous l'influence d'excitations psychiques involontaires, comme dans les états affectifs, soit d'une manière réflexe, par des stimuli tactiles et autres stimulations des organes de la sensibilité générale. »

Kölliker laisse paraître sa surprise que, au regard du grand nombre de voies nerveuses *afférentes* au *thalamus,* le nombre des voies *efférentes* soit relativement si petit. « Le thalamus, a écrit Edinger, si l'on prend garde à sa masse énorme, n'envoie que très peu de fibres efférentes. » Seule, la voie cérébrale de l'*opticus* est d'importance considérable, tandis que les fibres nées dans le *ganglion habenulae* et la voie centrifuge du *tractus opticus* n'ont qu'une importance très secondaire. Comment concilier cela, demande-t-il, avec l'immense quantité de neurones que renferme le *thalamus* et avec l'hypothèse de Bechterew, suivant laquelle les *thalami* seraient des ganglions essentiellement moteurs? Car, suivant cet auteur, ils président surtout aux mouvements involontaires non seulement des organes internes, tels que le cœur, l'estomac, le canal intestinal, la vessie, etc., mais des muscles et des mouvements d'expression réflexes des émotions.

Meynert avait, avant Bechterew, considéré les couches optiques comme des centres de mouvements réflexes et Flechsig se rattache à cette tradition. Mais, remarque ici Kölliker, ni Meynert, ni Bechterew n'ont indiqué les voies par lesquelles le thalamus réaliserait son activité motrice, et Flechsig lui-même dit simplement que la *formatio reticularis* constitue le chaînon intermédiaire entre les *thalami* et la musculature (1). Kölliker a donc tenté de construire des voies centrifuges du *thalamus* :

1° La première de ces voies irait du *thalamus* au *noyau rouge* et s'y articulerait avec les neurones d'origine de la voie centrifuge qui va du noyau rouge au cervelet ; 2° des fibres issues également du *thalamus* en descendraient en passant par la capsule interne et le pédoncule cérébral. Au sortir du pédoncule ces fibres thalamiques efférentes atteindraient le pont de Varole ; plus bas encore, elles influenceraient les territoires vaso-moteurs et, d'une manière indirecte, les voies motrices volontaires. Enfin, dans la *lamina medullaris lateralis* du *thalamus* et dans la couche fenêtrée, à côté des fibres d'origine corticale de la couronne rayonnante du *thalamus,* il pourrait en exister d'autres dont les cellules d'origine seraient dans le thalamus, fibres qui passeraient, comme les autres faisceaux efférents, dans la capsule interne et le pédoncule cérébral pour continuer au delà leur route.

---

(1) Kölliker. *Handb. der Gewebelehre d. Menschen*, 1896, 595.

Von MONAKOW a certes bien mérité de la science en faisant connaître les rapports anatomiques que soutiennent les différentes régions du *thalamus* avec les diverses aires de l'écorce cérébrale, mais il ne donne pas, suivant KÖLLIKER, la moindre interprétation physiologique de ces rapports. Si toute la couronne rayonnante du thalamus ne représentait que des axones dont les cellules d'origine seraient dans le thalamus et qui se termineraient dans l'écorce, les hypothèses de MEYNERT, de FLECHSIG, de BECHTEREW et de KÖLLIKER sur les fonctions du thalamus considéré comme un centre réflexe auraient vécu. Mais l'anatomie est et reste pour l'illustre histologiste de Wurtzbourg le seul fait qu'on doit invoquer en ces questions, et l'anatomie ne permet pas de douter que beaucoup d'éléments de la *radiatio thalami*, en en exceptant naturellement la radiation centrale de l'*opticus*, ont leurs cellules d'origine dans l'écorce du cerveau et s'arborisent dans le *thalamus*. KÖLLIKER tient donc que des faisceaux efférents descendent du *thalamus* dans le pédoncule cérébral.

Voici les voies nerveuses du *thalamus* selon KÖLLIKER :

1. Dans le *thalamus* et dans le *corpus geniculatum laterale* s'arborisent un grand nombre de fibres de l'*opticus* ;

2. Des cellules des territoires du thalamus où se terminent ces fibres sort la radiation optique centrale ;

3. Dans le thalamus des mammifères, des fibres, issues de cellules volumineuses, vont se mêler à celles du *tractus* et ou constituent une voie optique centrifuge ou appartiennent au faisceau de GUDDEN ;

4. Dans les noyaux dorsaux des couches optiques se termine le *fasciculus thalamo-mammillaris*, qui a son origine dans le *corpus mammillare* ;

5. Dans le *ganglion habenulae* naît le *fasciculus retroflexus* ;

6. La *stria medullaris* se termine dans le *ganglion habenulae* : ses éléments sortent en partie de la corne d'Ammon, en partie d'un amas de cellules situé en arrière du *chiasma* de l'*opticus* (le ganglion basal de l'opticus) ;

7. Dans le *thalamus* se termine l'*ansa lenticularis*, qui provient sans doute du noyau lenticulaire (?) ;

8. Dans le *thalamus* se terminent les fibres qui, provenant du pédoncule cérébelleux supérieur, traversent le noyau rouge ou naissent d'une partie des cellules du noyau rouge. En outre, des fibres qui ont leurs cellules d'origine dans le *thalamus* se terminent dans le noyau rouge (?) :

9. Une partie principale du ruban de REIL médian se termine également dans le *thalamus*, et le ruban de REIL cortical (v. MONAKOW) sort des cellules de la région ventrale du *thalamus* ;

10. Il est vraisemblable que des fibres issues des cellules du *thalamus* descendent dans le *pedunculus cerebri*, constituant une voie efférente du *thalamus*.

Les mouvements d'expression s'accompagnent souvent, qu'ils soient d'origine consciente ou réflexe, de modifications fonctionnelles de l'orga-

nisme sur lesquelles la volonté n'a que peu ou point d'influence; il suffit d'énumérer les variations de l'activité du cœur et de la respiration, les perturbations vaso-motrices, les troubles des fonctions de la vessie, de l'intestin, ceux enfin des sécrétions des glandes. Les couches optiques, entre autres parties de l'encéphale, devaient, pouvait-on croire, exercer quelque influence sur ces fonctions réflexes et automatiques.

Les expériences de BUDGE (1865) et celles d'AFANASSJEW (1869), citées par BECHTEREW, avaient non seulement démontré la présence de fibres vaso-motrices dans le *pédoncule cérébral,* mais la terminaison de ces fibres à peu près au niveau du *tuber cinereum*, en un point correspondant au segment antérieur du thalamus. DANILEWSKY (1876) avait observé des modifications de la pression sanguine consécutivement à l'excitation du pédoncule cérébral et de la queue du *noyau caudé* (1). Dans ses expériences faites avec MISLAWSKY (1886), BECHTEREW montre que l'excitation des fibres de la *capsule interne* et du *thalamus* détermine toujours une élévation considérable de la pression sanguine et que l'excitation de ce ganglion exerce sur l'activité du *cœur* une influence telle qu'il la peut ralentir et même arrêter entièrement, ce qui ne s'observe pas en excitant d'autres parties centrales du cerveau. GUTTMANN vit la *respiration* se ralentir après la stimulation des *lobi optici* chez la grenouille, DANILEWSKY des altérations frappantes de cette même fonction en excitant le *cauda nuclei caudati.* Dans ses expériences d'excitation du *plancher du troisième ventricule,* au niveau du thalamus, sur des lapins décérébrés, CHRISTIANI (1881, etc.) avait constaté, outre un ralentissement des battements du *cœur,* une modification très nette de la *respiration,* quelquefois accompagnée d'émissions de la *voix,* ce qui l'avait amené à localiser : 1° un centre d'inspiration sur le plancher du 3ᵉ ventricule, et, 2° un centre d'expiration vers l'entrée de la *fossa* SYLVII. D'autre part, une série d'expériences de BUDGE et celles d'AFANASSJEW conduisent BECHTEREW à penser qu'il y a des centres spéciaux des fonctions des organes d'excrétion, de la vessie et du rectum, et que ces centres sont probablement dans les couches optiques. Les recherches d'OTT et de WOODFIELD (1879), qui, après deux couronnes de trépan, excitaient les thalami au moyen de l'introduction d'électrodes, avaient indiqué qu'ils contenaient des centres d'arrêt de l'activité rhythmique des intestins et de celle des *sphincteres ani* et *vaginae.* La part d'influence qui revient aux couches optiques dans l'activité de la sécrétion glandulaire se marque bien dans les troubles profonds de la digestion dont souffrent et meurent les oiseaux après la destruction de ces ganglions (sans ablation des hémisphères). Il suffit d'ailleurs de songer aux effets qu'exercent sur la digestion et la nutrition générale du corps, chez l'homme, les différents ordres d'émotions et de passions pour se convaincre qu'il doit exister certaines régions du système nerveux central en rapport avec l'activité sécrétoire des *glandes du canal intestinal.* Dès cette époque (1887), BECHTEREW concluait donc qu' « il y a, dans les couches optiques, ou dans une région voisine, des centres possédant une action sur les fonctions automatiques et réflexes de l'organisme plus ou moins constamment affectées dans les différentes passions de l'âme ». Cette conclusion n'excluait nullement l'influence que d'autres parties du cerveau, et en particulier l'écorce des hémisphères, peuvent exercer sur ces fonctions. Au contraire ; d'autant plus qu'on pouvait déjà admettre que cette action du télencéphale sur

(1) Cf. MINOR. *Zur Frage nach der Bedeutung des corpus striatum.* Moscou, 1882. En langue russe. Cité par BECHTEREW.

les fonctions réflexes et automatiques a lieu sans doute en vertu des connexions qui relient cet organe avec les couches optiques (couronne rayonnante du thalamus) (1).

Il résultait de tout ce qui précède que le *thalamus* ne représentait pas un centre unique, mais *un aggrégat de centres indépendants,* n'ayant entre eux qu'un caractère fonctionnel commun, celui de participer à l'expression des divers sentiments, émotions et passions de l'organisme. La structure anatomique des couches optiques, où les auteurs ont distingué depuis longtemps un assemblage de noyaux gris distincts (Luys), n'était point contraire à cette hypothèse. Les rapports réciproques de ces divers centres devaient certainement être de nature différente : l'expression d'une émotion, par exemple, entraîne manifestement presque toujours la participation de plusieurs de ces centres. L'origine des excitations réflexes des émotions et de leurs manifestations, Bechterew la considérait comme en dehors des territoires corticaux de la zone « psychomotrice ». Frappé de la nature des mouvements de la tête, des yeux, des oreilles, des lèvres, des narines, de la langue et des mâchoires, etc., que Ferrier avait obtenus en excitant des régions éloignées de la zone motrice, telles que le *gyrus angularis*, le *gyrus temporo-sphenoïdalis,* le *gyrus uncinatus,* etc., mouvements que Ferrier lui-même tenait pour être de nature réflexe, et de ce que ces réactions étaient la suite d'excitations portées sur les régions où se distribuaient les fibres de la couronne rayonnante du thalamus, Bechterew inclinait à croire que les noyaux de ce ganglion n'y demeuraient pas étrangers. La ressemblance des mouvements décrits par Ferrier avec celle des mouvements d'expression proprement dits s'imposait : « La plupart de ces mouvements ne sont que des mouvements mimiques véritables de la face qu'exécutent les animaux dans les conditions les plus diverses ». Enfin, on avait pu déterminer expérimentalement, en excitant la région de l'écorce cérébrale « non psychomotrice », et des phénomènes vaso-moteurs et des troubles du rhythme de la respiration et de la circulation, événements qui d'ordinaire accompagnent les mouvements d'expression innés des émotions et des passions.

Les observations cliniques confirmaient, à cette date (1887), les résultats expérimentaux auxquels était arrivé Bechterew touchant la fonction des couches optiques considérées particulièrement comme centres des mouvements d'expression de la mimique émotive. L'appareil de ces mouvements peut fonctionner, chez l'homme aussi, soit en l'absence complète des hémisphères, soit dans des conditions où la fonction de ces organes se trouve réduite au minimum. Les faits empruntés à la pathologie humaine sont en accord avec ces résultats, qui avaient démontré qu'après l'ablation des hémisphères l'expression réflexe des sentiments, des émotions et des passions demeure conservée. Chez l'homme enfin quelques

---

(1) Cf. Landois et Eulenburg. *Ueber die therm. Wirkungen experiment. Eingriffe am Nervensystem.* Virchow's Archiv., LXVIII. Hitzig. *Ueber Erwärmung der Extremitäten nach Grosshirnverletzungen.* Centralbl. f. d. med. Wiss., 1876. Danilewsky. *Experim. Beiträge zur Physiol. d. Gehirns.* Pfluger's Arch., 1875, XI. Bochefontaine. *Étude expér. de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise sur quelques muscles de la vie organique.* Arch. de phys., 1876. Bechterew. *Der Einfluss der Hirnrinde auf die Körpertemperatur.* St. Petersb. medic. Wochenschr., 1881. Minor (1882), Stricker (1885), Bechterew et Mislawsky (1886).

faits permettent d'élever au-dessus de tout doute que « ces mouvements d'expression se produisent au moyen de voies nerveuses tout à fait spéciales qui n'ont rien de commun avec les voies destinées à l'exécution des actions volontaires (1) ». Il suit que l'innervation des groupes de muscles servant à l'expression des sensations et des sentiments est indépendante de notre volonté.

C'est ainsi que les *anencéphales,* pendant le peu d'heures de leur existence, ne laissent pas de crier, d'ouvrir les yeux et souvent d'exécuter des mouvements de succion (sans parler de la mimique émotive qui traduit la nature des sensations provoquées par des substances amères ou sucrées déposées sur la langue). Chez les *idiots* par arrêt inné de développement de l'organe psychique, le côté affectif de la vie psychique ne présente souvent que des troubles assez rares au regard de l'absence des fonctions intellectuelles. Alors même que la vie affective fait totalement défaut, comme il arrive dans d'autres cas, il est toujours possible de provoquer l'expression réflexe des sensations par différentes stimulations périphériques.

J'ai eu, cette année encore, l'occasion, rapporte Bechterew, d'observer pendant très longtemps un crétin de 17 ans, complètement privé de la faculté de parler, dont les facultés intellectuelles se trouvaient être au plus bas degré de développement. Laissé à lui-même, ce crétin demeurait comme enchaîné à la même place et conservait, durant un long espace de temps indéterminé, la position qu'on avait imprimée à ses membres. De lui-même il ne faisait jamais entendre un son. Sa face était complètement dénuée d'expression. Toutefois des *sensations douloureuses* provoquaient toujours en lui une *grimace* caractéristique de déplaisir, en même temps qu'une *rougeur* se montrait quelquefois sur son visage et qu'il *criait,* c'est-à-dire poussait des gémissements bruyants. Si l'on approchait rapidement une allumette enflammée de ses yeux, il *détournait son visage* et *grimaçait.* Se mettait-on à sourire devant lui ou lui montrait-on une mine riante, un *sourire* apparaissait aussitôt sur sa face. Si on le regardait au contraire avec une mine sérieuse, ce sourire disparaissait. *Ce crétin n'était pourtant pas capable d'imiter un seul acte volontaire et ne comprenait aucun geste.* Excité à se mouvoir, il faisait quelques pas, puis restait immobile, reprenant son attitude passive ordinaire. De même si on répétait cette excitation. Ce n'est qu'au cas où l'on venait de lui causer plusieurs fois de la douleur qu'il résistait et ne voulait pas bouger.

Voici maintenant une autre observation clinique de Bechterew :

Cécité subite de l'œil gauche et *paralysie complète de la motilité volontaire* de la moitié droite de la face sans troubles de sensibilité. Plus tard, parésie du bras droit et paralysie des deux pieds ; plus tard encore parésie du bras gauche avec contracture et

---

(1) W. Bechterew. *Die Bedeutung der Sehhügel...* Ibid. *Klinische Beobachtungen,* 345 sq.

paralysie de la moitié gauche de la face. Au début de la maladie, quand la paralysie faciale était hémilatérale, le malade ne pouvait exécuter avec les muscles de la portion inférieure de la moitié droite de la face aucun mouvement volontaire. Ainsi il ne pouvait rétracter l'angle droit de la bouche, dénuder la canine droite, contracter la narine droite, mouvements qui étaient exécutés régulièrement sur la moitié gauche de la face. Cependant les deux moitiés de la face prenaient part d'ordinaire au *rire,* au *pleurer* et à d'autres *mouvements mimiques,* sans qu'on pût déceler alors aucune différence dans la contractilité des muscles des deux côtés du visage. Plus tard encore, quand la paralysie de la motilité volontaire eut également atteint les deux moitiés de la face, il continuait à pouvoir *sourire*; dans les fortes excitations douloureuses son visage se contractait en *grimaces* et souvent le malade se mettait à *pleurer*. Mort quelques semaines après dans le coma. Autopsie : forte sclérose des deux carotides, particulièrement à gauche, au point de départ de l'*art. ophthalmica* (dont le tronc pouvait être obturé, bien qu'à l'autopsie on ne l'ait pas observé). Thrombose de quelques branches de l'*art. fossae Sylvii* à droite et à gauche. Ramollissement superficiel des deux hémisphères dans la région des circonvolutions centrales, plus étendu sur l'hémisphère droit où les deux tiers supérieurs des deux rolandiques étaient atteints, tandis que, sur l'hémisphère gauche, le ramollissement n'avait intéressé que les parties supérieures des mêmes circonvolutions. En outre, sur l'hémisphère droit, ramollissement récent circonscrit avec hémorrhagies ponctiformes dans la partie antérieure de la capsule interne s'étendant au segment antérieur du noyau caudé et du noyau lenticulaire.

Dans ces malades, souffrant de paralysie de la motilité volontaire des muscles de la face sans paralysie des mouvements de la mimique, Bechterew remarquait dès lors, à titre de particularité caractéristique, que le plus léger motif détermine, chez eux, le rire et le pleurer, sans qu'ils possèdent la force de volonté nécessaire pour arrêter l'expression intempestive de leurs sentiments. Ces attaques irrésistibles et inextinguibles du rire et du pleurer s'expliquent par le fait que, par suite de la perte de la motilité volontaire des muscles de la face, le malade ne peut plus inhiber les réactions de sa mimique émotive.

Une autre catégorie de cas de paralysies faciales centrales où, à côté de la perte des mouvements volontaires, on observe aussi celle des mouvements de la mimique, dans les *hémiplégies de cause capsulaire,* s'expliquent, d'une part, par l'interruption des faisceaux destinés à l'innervation de la motilité volontaire de la face, faisceaux descendant de l'écorce des hémisphères par la capsule interne, d'autre part, par l'arrêt ou la perte de fonction de la couche optique correspondante, phénomènes qui peuvent être la suite soit d'une hémorrhagie de la capsule interne, soit d'une compression directe exercée sur le thalamus.

Quant à la *paralysie isolée de la mimique* avec conservation complète de la motilité volontaire des muscles innervés par le facial, Stromayer, Romberg, Nothnagel, Gowers, Gayet, Rosenbach, en avaient cité des exemples. Ce phénomène peut d'ailleurs être déterminé par une affection du pont de Varole (Huguenin), sans participation de la couche optique.

En effet, comme les voies centrifuges du thalamus passent dans l'étage supérieur (calotte) du pédoncule cérébral, et possèdent par conséquent un trajet distinct de celui des fibres motrices du faisceau volontaire ou pyramidal, issu des hémisphères, et passant par le pied du pédoncule, une lésion du pont de Varole peut intéresser isolément les faisceaux thalamiques efférents, présidant aux mouvements mimiques de la face, sans que les faisceaux des mouvements volontaires de la face en subissent aucune atteinte.

Toutes ces observations cliniques ont trait à des cas de lésions de déficit, ou lésions destructives, du thalamus ou de ses faisceaux d'irradiation. Or, il n'y a point de doute qu'il y ait, dans la pathologie humaine, des cas de lésions irritatives du même organe, lésions se traduisant par une excitation des centres fonctionnels correspondants du thalamus. « Comme les couches optiques représentent, selon nous, écrit Bechterew, des organes où se trouvent surtout rassemblées des voies nerveuses servant à l'*innervation motrice involontaire* des différents groupes de muscles, il est naturel qu'un processus pathologique agissant comme cause d'irritation d'un système de fibres déterminé ait pour effet des troubles moteurs dont le caractère soit celui d'une excitation. » Les recherches expérimentales du même auteur avaient déjà montré que la stimulation électrique des couches optiques provoque des mouvements de la face et des extrémités. De même, des lésions circonscrites de la même région déterminent parfois la production de véritables mouvements choréiques de la face, du tronc et des extrémités. Il est donc permis de supposer que la *chorea sancti Viti minor* a pour substratum anatomique une lésion d'un système de fibres du thalamus. La symptomatologie de la maladie indique que les mouvements convulsifs des malades ne résultent pas d'une altération des voies de la motilité volontaire : les grimaces variées du visage, la rapidité avec laquelle se transforment les expressions les plus opposées des sentiments et des passions, tels que la joie, la tristesse, la colère, etc., associées à une succession des mouvements des extrémités, rappellent à Bechterew ce qui succède à l'excitation d'un système de fibres réflexes servant à l'innervation des mouvements d'expression *involontaires*. Il n'a garde d'oublier que la danse de saint Guy est souvent accompagnée de modifications du rhythme cardiaque, partant de troubles fonctionnels d'un organe qui n'est en rapport avec aucun système de fibres de motilité volontaire; les mouvements de la cage thoracique de ces malades sont également d'observation vulgaire, etc. Enfin, on sait que les mouvements choréiques augmentent considérablement sous l'influence des *émotions* les plus diverses. « Beaucoup de cas de chorée véritable, ajoute Bechterew, ne sont pas de

nécessité accompagnés de lésions anatomo-pathologiques grossières de l'écorce cérébrale. Le cours le plus souvent favorable de cette maladie témoigne qu'elle repose sur des troubles purement fonctionnels. » Dans les cas où existent des lésions appréciables, il n'est point nécessaire qu'elles soient localisées dans le *thalamus*; elles pourraient n'intéresser que les faisceaux appartenant à cet organe, soit à l'intérieur du cerveau, soit dans la moelle épinière. On connaissait toutefois déjà un nombre suffisant de cas de chorée où l'examen anatomo-pathologique avait démontré l'existence d'une lésion limitée au *thalamus* ou aux régions circonvoisines (Meynert (1868), Broadbent (1879), Tuckwell). Dans la *chorée postapoplectique,* où les phénomènes de paralysie motrice ne sont guère d'ordinaire très accusés, et disparaissent souvent rapidement, les phénomènes de mouvements choréiformes des membres persistent au contraire longtemps ou même ne rétrocèdent jamais (Andral, Gowers, Veissyère, Charcot, Raymond). Charcot a localisé la lésion de l'*hémichorée* en une région limitée par la portion postérieure du thalamus, le segment postérieur de la capsule interne et le pied de la couronne rayonnante, localisation que les autopsies ont souvent confirmée (1). Gowers a rapporté l'hémichorée à une affection de la couche optique.

Nothnagel s'exprimait (1879) enfin sur le même sujet avec une précision et une décision bien remarquables : « Quelques observations d'hémichorée semblent témoigner hautement que des lésions du *thalamus opticus* peuvent seules produire le phénomène en question. Non seulement, comme Raymond en fait justement la remarque, dans la plupart des observations le thalamus était signalé comme participant à la lésion : nous avons vu, dans l'examen critique des lésions du thalamus, que des foyers limités exclusivement au thalamus peuvent avoir déterminé l'*hémichorée*. » Ce n'est donc pas, selon Nothnagel, la lésion des fibres qui traversent la capsule interne, c'est bien plutôt celle de certains faisceaux déterminés issus de la couche optique et pénétrant dans la couronne rayonnante qui, aussi bien que la lésion du *thalamus* lui-même, produit l'*hémichorée*. Bechterew donne entièrement les mains à cette interprétation de Nothnagel et il conclut en conséquence : « 1. Puisque, dans la plupart des cas pathologiques d'*hémichorée* véritable une lésion du *thalamus* a été trouvée, et que, dans le reste des cas, les fibres passant dans la capsule interne participaient à l'affection; 2. Puisque des lésions absolument limitées à la couche

(1) La localisation de l'affection décrite pour la première fois par Hammond, l'*athétose*, doit être différente de celle de l'hémichorée : le faisceau moteur de la voie des pyramides doit être ici intéressé. Le passage de l'hémichorée postapoplectique dans l'athétose, observée quelquefois, s'expliquerait par la proximité des fibres thalamiques avec celles du faisceau pyramidal dans la capsule interne.

optique — cicatrices, hémorrhagies anciennes, foyers d'encéphalites, tumeurs, etc. — ont été souvent accompagnées d'*hémichorée* sans paralysie nette de la motilité volontaire; 3. Puisque, expérimentalement, après des lésions circonscrites de la couche optique, on constate des mouvements choréiformes chez les animaux, il n'existe pour moi aucun doute que la symptomatologie clinique de l'*hémichorée* a pour substratum anatomique une altération soit du thalamus lui-même, soit du système des fibres qui en dérive ». Encore une fois, pour qu'une hémichorée se produise, la lésion n'a pas besoin d'intéresser des faisceaux thalamiques à proximité de leur ganglion d'origine, c'est-à-dire dans la capsule interne ou dans le pied de la couronne rayonnante : une lésion des fibres thalamiques dans leur trajet aux centres de la moelle épinière (pont de VAROLE, etc.) pourra déterminer des mouvements choréiformes des membres aussi bien qu'une affection du *thalamus* lui-même.

Les premiers résultats, si importants, on le voit, auxquels était arrivé BECHTEREW (1882, 1884, 1885, 1887), peuvent se résumer ainsi :

1. *Ablation des hémisphères cérébraux.* Perte des mouvements volontaires. Conservation de mouvements involontaires ou réflexes d'expression exécutés, sous l'influence d'excitations périphériques, avec plus de constance et de précision que chez les animaux en possession de leur cerveau. 2. *Ablation des hémisphères cérébraux et des thalami.* Les mouvements volontaires aussi bien que les mouvements involontaires ou réflexes d'expression font défaut. Seules, les excitations douloureuses très intenses provoquent de l'agitation générale et des cris dont la cause doit être cherchée dans les centres de la moelle allongée et du pont de VAROLE, que l'animal soit décérébré ou non. 3. *Excitation des thalami.* Production des mouvements du corps servant à l'expression des émotions et consistant en contractions correspondantes des muscles de la face, des oreilles et des appareils phonomoteurs. 4. *Destruction des couches optiques avec conservation des hémisphères cérébraux.* Motilité volontaire conservée. Mais perte des mouvements d'expression des sentiments et des émotions.

BECHTEREW relevait en outre l'importance, pour l'expression des émotions, de l'influence du thalamus sur l'activité de plusieurs centres réflexes, tels que ceux de la vaso-motricité, de la respiration, etc. De ces expériences, dont il était légitime de rapprocher les observations de paralysie mimique isolée, on pouvait conclure qu'il existe des voies nerveuses distinctes : 1° pour les mouvements volontaires ; 2° pour les mouvements involontaires ou réflexes des sentiments et des émotions. Les *thalami* apparaissaient donc comme des *centres d'innervation réflexe des différents groupes musculaires servant à l'expression de ces états affectifs.*

Entre les premiers Mémoires de BECHTEREW et celui dont il nous reste à parler, se placent des observations d'autres médecins russes dont il doit être tenu grand compte, celles de SIKORSKY, de ROSENBACH, de S. KIRILZEW.

Les faits dont il s'agit dans le travail de SIKORSKY sur *la signification et*

la valeur diagnostique de la mimique chez les aliénés (1) ont depuis longtemps été observés par les philosophes et par les cliniciens. Ils n'ont guère été expliqués jusqu'ici. ESQUIROL, SPIELMANN, SCHÜLE, FREUSBERG, ZIEHEN ont publié quelques observations bien faites. On connaît les traités de DUCHENNE, de DARWIN, de PIDERIT, de MANTEGAZZA et les ouvrages du XVIIe et du XVIIIe siècles. La conscience affective du malade, son moi, dont l'état retentit nécessairement sur « la sphère sensitive du corps » (FLECHSIG), et, de cette région du télencéphale, sur le thalamus et les centres bulbaires, se reflète sur les traits altérés de son visage comme sur la face de tout autre homme. « Mais, chez la plupart des aliénés, l'innervation de la face présente des anomalies tout à fait spéciales qui, au dire de SIKORSKY, n'ont rien à faire avec la mimique : plus la maladie sévit avec intensité, plus ces anomalies sont accusées ; leur durée dépend de celle du mal ; elles disparaissent avec la guérison ou persistent comme des stigmates indélébiles, véridiques, de l'incurable folie. »

Dans les formes graves de la *melancholia attonita*, la rigidité des muscles du visage est complète ; ceux-ci demeurent si longtemps dans le même état qu'on ne saurait, selon SIKORSKY, découvrir une signification mimique quelconque à ces contractions :

« Si l'on cherche un caractère émotionnel dans ces contractions anormales de la musculature, on arrive à la conviction que l'expression du visage des malades ne correspond à aucune expression déterminée. Les auteurs ont justement comparé un pareil visage à un masque et l'impression qu'il fait à celle d'une statue (KRAFFT-EBING). Dans quelques cas exceptionnels seulement les auteurs ont observé l'expression de la tristesse, de la crainte, de l'étonnement. Voici le tableau le plus ordinaire de la *melancholia attonita* : Tous les muscles innervés par la *branche inférieure du nerf facial* sont relâchés ; le visage semble allongé ; les commissures buccales sont abaissées ; par l'orifice de la bouche entr'ouverte coule de la salive ; les plis naso-labiaux sont effacés, et le visage paraît prognathe ; *souvent* se manifeste une *contraction tonique des muscles frontaux*, contraction qui dure des heures, avec production correspondante de rides horizontales sur toute l'étendue du front, phénomène offert même par des mélancoliques tout à fait jeunes. La tombée du visage unie aux rides du front donne à la face un aspect particulièrement sénile ; il étonne chez les jeunes malades. Dans quelques cas l'ouverture de la bouche est rapetissée par suite de l'exagération tonique des muscles orbiculaires au regard de la musculature flasque des joues ; à l'époque de la guérison, l'ouverture de la bouche augmente, comme on s'en persuade au moyen de mensurations. Tel est le malade à l'état de repos. Si on l'excite par des impressions *extérieures* ou par d'autres causes, on remarque une contraction plus ou moins énergique surtout des *m. frontales*, le reste de la musculature de la face demeurant tout à fait immobile. Cette réaction se produit aussi bien sous

(1) SIKORSKY (Kiew). *Die Bedeutung der Mimik für die Diagnose des Irreseins*. Neurol. Centralbl., 1887, 465, 492.

l'influence d'impressions complexes, par exemple si l'on adresse une question au malade, que sous celle de stimulations élémentaires, telles que sensation douloureuse par piqûre d'épingle, au moyen du pinceau électrique, etc. Les contractions des *muscles frontaux* ou celles d'autres muscles de la face (lorsqu'elles ont lieu) se distinguent par une lenteur qu'on n'observe jamais chez l'homme sain. Or, cet état des muscles de la face rappelle ceux des muscles du tronc et surtout des extrémités chez les malades affectés de *melancholia cum stupore*. »

Les contractions des muscles de la face dans les cas typiques de *manie* manqueraient également, selon Sikorsky, de toute expression émotionnelle. Les mouvements vifs, brusques, déréglés, des extrémités et du tronc (folie musculaire), sont accompagnés de mouvements semblables des muscles de la face, véritables grimaces, qui rappellent quelquefois des mouvements choréiques ; ces mouvements ne correspondraient donc à aucun sentiment, à aucune émotion déterminée de l'homme normal. Sikorsky renvoie particulièrement à la figure XIV du grand ouvrage d'Esquirol, où l'on est en effet frappé de l'état de contraction des *m. frontales, corrugatores superc., pyramidales nasi,* du *zygomaticus major*. Sur la photographie d'un malade atteint de manie chronique, il relève les divers états de contraction des muscles de la face dont les combinaisons réalisent les expressions mimiques simultanées et contraires de la joie, de la méchanceté, de la colère, de l'excitation maniaque, incohérence sur laquelle Esquirol avait déjà appelé l'attention (1). « Outre ces mouvements musculaires incohérents, on remarque, sur la physionomie des maniaques, un jeu de mimique tout à fait particulier, qui ne diminue pas toutefois la valeur pathognomonique des mouvements décrits, mouvements complètement dépourvus d'expression. »

Dans la *démence secondaire calme* ou *apathique,* le visage est tout à fait sans expression quand le malade est en repos et les plis même ne subsistent plus qu'à l'état de traces. S'il est excité par quelque émotion, les muscles du visage se contractent, la mimique s'éveille : celle-ci ne se manifeste souvent que par une contraction du *m. frontalis,* lequel conserve plus longtemps que tous les autres muscles son excitabilité émotionnelle. Cette extinction de la mimique est d'ordinaire associée à l'effacement du menton, à l'inclinaison de la tête et à d'autres symptômes qui dénotent l'affaiblissement de l'innervation des mouvements de la mimique émotive. Sikorsky fait ici, après Schüle, l'importante remarque que ces mêmes

(2) E. Esquirol. *Des maladies mentales* (Paris, 1838), II, 151-2. « Les mouvements, les gestes des maniaques qui paraissent plus insignifiants, plus ridicules les uns que les autres, sont l'expression de l'exaltation et du désordre des *idées* et des *affections* de ces malades. »

symptômes de déficit s'observent aussi très nettement dans certains cas de *paralysie progressive des aliénés,* où le jeu des muscles du front survit à celui de tous les autres muscles de la face.

L'effacement des traits caractéristiques d'une physionomie est tout différent dans la vieillesse et dans la *démence secondaire* ou dans la *paranoia secondaire* : chez le vieillard, les traits du jeune homme sont plus ou moins accusés ou effacés ; ce qu'il y avait d'essentiel dans la physionomie subsiste, comme on peut s'en convaincre en comparant la photographie de la même personne aux divers âges de la vie. Au contraire, dans les deux états d'involution du système nerveux central qu'on vient d'indiquer, on ne retrouve plus les traits propres et caractéristiques de la physionomie du malade, tels qu'ils existaient avant la maladie, lorsqu'il est dans le stade chronique et incurable de son affection : effacement des plis naso-labiaux ; flaccidité des muscles orbiculaires des paupières inférieures, etc. « D'ordinaire les altérations mimiques ne s'étendent pas à toute la musculature de la face ; elles se limitent aux muscles qui innervent la portion moyenne et supérieure des plis naso-labiaux, ainsi au *m. zygomaticus minor,* au *levator anguli oris,* au *levator labii super.,* et au *levator alae nasi.* La nature de la modification de l'innervation musculaire consiste dans une action qui peut s'élever jusqu'à la contracture de ces muscles, et ces altérations, tantôt ce sont les trois premiers muscles nommés, tantôt les derniers qui les manifestent. » De là des changements profonds dans l'expression de la physionomie du malade, qui peuvent être utilisés pour le pronostic. Dans certains cas, les traits de la face ne correspondent à aucun sentiment, à aucune émotion connus.

L'étude de la mimique dans les *états de dégénérescence* peut porter sur des aliénés appartenant à cette catégorie de malades ou sur des sujets encore psychiquement sains, mais présentant des stigmates psychiques de dégénérescence. Sikorsky distingue ici trois types :

1. *Type de mimique frontale* (*Stirnmimik*). Il repose sur l'énorme prédominance des muscles du front au regard des muscles innervés par la branche inférieure du facial. Voici une observation typique de cette mimique chez un homme de 28 ans, conducteur de chemin de fer, de petite stature (151 centimètres), d'intelligence très arriérée, souffrant de neurasthénie cérébrale. Sourcils réunis ensemble, narines ouvertes en dehors, obsessions, etc. Contraction très accusée des *m. frontales* avec formation de 6 plis stationnaires à droite et de 5 à gauche ; le pli naso-labial manque complètement. Telle est l'expression ordinaire de sa physionomie. Mais celle-ci vient-elle à s'animer, le contraste éclate plus frappant entre la musculature de son front et celle du reste de son visage. Si le malade raconte quelque événement et qu'il semble éprouver différents états affectifs, la réaction de sa physionomie est des plus monotones : *toutes les nuances de son émotivité s'expriment par l'état de contraction plus ou moins accusé des m. frontales ;* au lieu des 6 plis de droite et des 5 plis à gauche, on en constate 9 à droite et 8 à gauche. Quant aux autres

muscles de la face, ils demeurent complètement immobiles. Dans le rire, un pli naso-labial se dessine sur la face, mais d'une façon tout à fait fruste et rudimentaire.

Les contractions des muscles frontaux ont assez souvent le caractère propre de convulsions spasmodiques ; elles sont si irrégulières dans leur manifestation qu'elles rappellent plutôt des grimaces choréiques que des mouvements mimiques véritables. Les rides du front chez ces sujets sont caractéristiques ; elles se forment déjà dans le jeune âge, du fait de la contraction constante et intense du *m. frontalis*.

« Des états psychiques supérieurs, tels que la *tension de l'attention,* la *réflexion concentrée* et la *profondeur de la pensée* se manifestent également par la mimique frontale. Nous avons examiné un assez grand nombre de portraits d'hommes éminents, Hippocrate, Littré, Gladstone, Blumenbach, Locke, Beethoven, Joh. Müller, Franklin, Pirogoff, etc. Sur tous ces portraits on observe une contraction plus ou moins marquée du *m. orbitalis super.,* laquelle s'accuse par deux plis verticaux dans la région de la glabelle avec abaissement simultané des sourcils. Or, chez les sujets atteints de mimique dégénérative, la contraction du muscle orbitaire supérieur fait complètement défaut, ou à peu près, et il en résulte que non seulement on ne voit pas, chez eux, ces plis de la glabelle, mais que les sourcils, très élevés, forment deux arcs à convexité dirigée en haut et en dehors, conformément à la direction des contractions du *m. frontalis*. Cette forme et cette attitude des sourcils sont d'autant plus nettes que les *m. frontales* sont plus développés et plus actifs et que l'activité antagoniste des *m. orbitales superior.* ou des *m. corrugatores supercil.* modifie moins leur action propre. Il suit donc de tout cela qu'*il existe une différence essentielle entre la mimique frontale des hommes supérieurs et celle des dégénérés* (1) ».

2. Le *second type de mimique dégénérative* a trait à la largeur et à l'épaisseur de la lèvre supérieure, immobile. La lèvre supérieure est, dans les états émotifs et dans les mouvements variés du visage, le centre de toute la mimique faciale, comme l'est le front pour la mimique frontale. Dans le jeu animé de la mimique chez les dégénérés on peut observer l'écartement et la bouffissure des lèvres tout à fait exagérés, ainsi que différents spasmes choréiques et des contractions vermiculaires de quelques faisceaux du *m. orbicularis oris* (2).

3. Le *troisième type de mimique dégénérative,* la « mimique indifférenciée », a pour principal caractère la contraction prédominante des muscles élévateurs de la lèvre supérieure, du *m. levator labii super.* et *alae nasi* et le faible développement des mouvements exercés par le *m. zygomaticus major*. Cette mimique communique à la physionomie une expression de maussaderie ou de morosité. Mais le phénomène le plus remarquable présenté par cette mimique, c'est que le sourire, qui est provoqué par l'action du *m. zygomaticus major,* a lieu ici avec une forte contraction simultanée des muscles de la partie moyenne et supérieure du pli naso-labial, si bien qu'à l'activité des muscles dont la contraction fait naître l'impression du plaisir s'associe celle des muscles qui concourent à l'expression du pleurer. Chez une femme de 27 ans, issue d'une famille de dégénérés et présentant des stigmates de dégénération physique, très égoïste, d'une moralité peu développée, mais d'une assez bonne intelligence, le sourire, tout à fait étrange, s'accompagnait de contractions des *m. pyramidales nasi* ; le spectateur doutait toujours si cette femme riait ou pleurait. Mais comme elle ne riait jamais autrement, il fallait bien admettre qu'on était

---

(1) Cf. Piderit. *Mimik und Physiognomik*, 1886, 190.

(2) Sikorsky cite comme exemples de ce genre de physionomie les quatre figures de la pl. IV du *Traité des dégénérescences* de Morel.

devant un cas de *mimique indifférenciée,* et qu'à cette personne manquait tout à fait le sourire naturel qui, chez l'homme normal, résulte de l'action du *m. orbicularis palpebrae inferioris* et du *m. zygomaticus major,* mais sans participation des autres muscles qui contractent la lèvre supérieure. Schüle a décrit cette mimique indifférenciée dans la paralysie générale : dans l'expression de la joie le visage des malades, dit-il, prend l'expression d'un visage en pleurs. C'est sans doute la même expression mimique qu'il désigne, chez les idiots, du nom de « joie douloureuse ». Sikorsky l'a observée aussi dans la paranoia hallucinatoire.

Cette expression de « joie douloureuse », simple expression d'une anomalie psychique, n'a rien de commun avec celle qu'on observe, chez l'homme normal, dans ces états mixtes de l'âme humaine où les sentiments de tristesse et de joie sont en quelque sorte en conflit, comme dans la mélancolie, et qu'a fixée pour tous les siècles l'expression homérique δακρυόεν γελάσασα (*Il.,* VI, 484). On sait avec quel soin Duchenne a étudié cette mimique, chez l'homme vivant comme dans les œuvres d'art. Duchenne a montré que dans ces états où la joie perce à travers le voile de la tristesse, le grand zygomatique et le muscle sourcilier seuls sont en jeu, jamais l'action du petit zygomatique et de l'élévateur commun de la lèvre supérieure et de l'aile du nez.

La vivacité et la facilité de l'innervation motrice dans la manie, son inhibition dans la mélancolie, n'affectent pas, on l'a vu, également et uniformément tous les muscles de la face. Il en est de même pour les autres muscles, pour ceux des extrémités par exemple, où, dans la mélancolie, les fléchisseurs prévalent sur leurs antagonistes. Outre l'excitabilité exagérée d'une part, et, d'autre part, l'arrêt de l'innervation mimique, une autre altération de l'innervation musculaire, la flaccidité des traits, s'observe dans la démence et la paralysie progressive, sans qu'il existe pourtant de parésie ou d'atrophie musculaires, car les muscles du langage, de la phonation, de la mastication continuent à fonctionner : « la source des impulsions mimiques paraît être affaiblie ou semble même complètement faire défaut ». Ces derniers mots indiquent que Sikorsky était sur la voie de l'explication que nous tenons pour vraie de ces phénomènes, après les travaux de Bechterew, de ses précurseurs, de ses émules et de ses successeurs. Dans la paralysie générale, et Sikorsky accorde encore avec raison à cette circonstance une grande portée théorique, toutes les sortes d'altérations de la mimique s'observent : excitabilité morbide, inhibition, relâchement des muscles de la mimique, transformation des traits du visage. Si l'expression mimique de « joie douloureuse » ne s'observe pas dans les formes de paralysie générale à symptômes maniaques, elle apparaît lorsque la démence paralytique est déjà réalisée, quand les idées de grandeur ont revêtu leur caractère typique d'absurdité, et que « la conscience et la volonté sont particulièrement affaiblies ».

Quant à la mimique dite *dégénérative*, elle est si souvent accompagnée de signes physiques et psychiques de dégénérescence, qu'il est impossible de la considérer comme l'effet d'une rencontre ou d'un accident. L'altération de la mimique peut, en nombre de cas, être le premier signe révélateur de cet état. Des trois formes décrites de mimique dégénérative, la *frontale* est la plus commune : c'est, dit Sikorsky, « le symptôme le plus significatif de dégénération commençante ». Cette sorte de mimique est particulière au singe ; elle très accusée chez les nouveau-nés (Darwin). Relativement à la troisième sorte de mimique dégénérative, l' « indifférenciée », Sikorsky écrit qu'on a relevé chez les races humaines inférieures la fusion en un muscle de tous les muscles de la face qui des orbites descendent à la lèvre supérieure, circonstance qui a pour effet de s'opposer aux mouvements indépendants et isolés de la mimique faciale (1). Les grosses lèvres charnues en forme de bourrelet signalées dans le deuxième type de mimique dégénérative sont également caractéristiques des races inférieures. Dans ces trois types de Sikorsky il paraît donc légitime d'admettre qu'il s'agit bien de phénomènes de régression, d'états réversifs, signes évidents de dégénérescence.

Dans les conclusions de ce travail sur la mimique pathologique considérée dans ses rapports avec l'émotivité, Sikorsky a de nouveau insisté

---

(1) Voici comment s'exprime Théophile Chudzinski lui-même, aux savants mémoires duquel renvoie Sikorsky : « *Muscles de la face.* Au premier abord on est porté à les regarder comme ne formant qu'un seul et même muscle facial très puissant, étendu du pourtour de l'orbite vers la commissure des lèvres. Cette apparence est due en grande partie à l'*intrication* et à la *fusion des muscles entre eux*, et principalement au plus grand nombre de fibres musculaires qui entrent dans leur constitution... Les muscles *pyramidaux* se confondent avec le *muscle frontal* ou plutôt ils forment les origines faciales de ce muscle. Le *sourcilier*, très épais, échange ses fibres avec celles du *muscle frontal*. Le *muscle orbiculaire des paupières* présente un développement en quelque sorte insolite. Il est très épais et descend plus bas que chez le blanc... Ses parties supérieure et inférieure ne forment qu'un seul muscle en dehors... J'insiste sur la *fusion* externe des deux moitiés de ce muscle, car on prétend que sur le blanc ses deux moitiés sont parfaitement distinctes, aussi bien en dehors qu'en dedans... Le *releveur profond de la lèvre supérieure*, beaucoup plus développé que chez le blanc, naît du bord inférieur de l'orbite, en arrière du releveur superficiel, avec lequel il est confondu en partie. Il reçoit aussi les fibres des muscles zygomatiques, et de l'orbiculaire des paupières par son bord postérieur. En se réunissant au releveur superficiel, il forme un plan musculaire large et épais, dont les fibres croisent celles du canin et du myrtiforme et contribuent puissamment à l'*augmentation de l'épaisseur* de la lèvre supérieure. » Chudzinski remarque expressément que, comparés aux muscles analogues du blanc, les *muscles de la face* présentent chez le nègre un développement énorme ; que la plupart de ces muscles s'*anastomosent entre eux* d'une façon presque inextricable, et que « le mélange de leurs fibres établit entre eux une sorte de solidarité qui nuit beaucoup à l'expression de la face. » *Contribution à l'anatomie du nègre.* Rev. d'anthropologie, 1873, p. 398 et suiv. Cf. ib., 1874, 21 sq. Dans le mémoire de Chudzinski, auquel renvoie spécialement Sikorsky (*Contributions à l'étude des variations musculaires dans les races humaines*, ibid., 1882, 280 sq., 613 sq.), il n'est fait aucune allusion aux muscles de la face.

sur l'*absence, en beaucoup de cas, de toute expression véritable d'états affectifs correspondants*. Il s'est demandé si ce phénomène avait pour cause une anomalie primitive des sentiments et des émotions, source et origine des réactions musculaires servant à l'expression de la mimique, ou si, les sentiments restant normaux, les états affectifs n'avaient plus pour se manifester, sous forme de mouvements mimiques, que des mécanismes altérés par la maladie. Les deux causes pourraient, selon lui, concourir au résultat qui a pour effet la mimique pathologique. Il attribue toutefois le rôle principal aux « altérations des centres de l'innervation mimique, ce qui explique le manque de rapports entre les sentiments du malade et leurs expressions ». Ces altérations de l'innervation de la mimique de la face seraient d'ailleurs tout à fait analogues aux anomalies du reste du système musculaire chez les mélancoliques, les maniaques, les déments, les dégénérés, anomalies qui se montrent dans les gestes, la démarche, etc., des malades. Elles constituent le réactif le plus délicat, en même temps que le plus objectif, qu'il soit possible d'appliquer non seulement au diagnostic, mais au pronostic des affections du système nerveux central. Déjà SIKORSKY avait fait l'application à la mimique pathologique de l'idée exprimée par FREUSBERG, idée juste, mais que les recherches ultérieures des physiologistes et des cliniciens devaient seulement démontrer vraie en grande partie, à savoir, que, dans les psychoses, toutes les anomalies motrices en général sont vraisemblablement indépendantes de la *volonté* et de la *conscience*.

On doit d'abord à P. ROSENBACH l'observation suivante, dont l'intérêt clinique, à défaut d'autopsie, nous paraît très grand (1886). Elle appartient aux cas où, l'*innervation volontaire de la face étant conservée, celle des mouvements d'expression fait défaut,* aux cas par conséquent où l'on doit supposer une affection isolée du *thalamus* ou de sa couronne rayonnante. Si le nombre de pareilles observations est encore si peu considérable, et si les autopsies en sont encore plus rares, on le doit attribuer à ce que les cas de paralysie isolée des mouvements de la mimique passent d'ordinaire inaperçus. Si le malade ne présente point de paralysie faciale, il n'y a point de raison en effet pour que le médecin s'arrête à rechercher s'il a conservé les mouvements d'expression de la mimique émotive.

Femme de 36 ans, atteinte depuis environ dix mois d'une hémiplégie gauche. L'attaque avait eu lieu le 20 mai de l'année précédente, subitement, dans la nuit, sans perte de connaissance ; au matin, elle avait remarqué de la rigidité de la face et de la parésie des extrémités gauches ; une paralysie presque complète aurait suivi, puis elle aurait rétrocédé. Lorsque ROSENBACH observa cette malade, il constata seulement une parésie de l'extrémité inférieure gauche avec exagération des réflexes tendineux ; la motilité de l'extrémité supérieure gauche était au contraire à peu près complètement rétablie. Quant à la face, on

découvrait, en y regardant bien, une trace de parésie de la région inférieure gauche : la bouche fermée, l'angle de la commissure gauche de la bouche était un peu plus abaissée qu'à droite. Le voile du palais descend aussi plus bas à gauche qu'à droite. Les deux moitiés du visage se contractaient également dans la parole : de même pour l'exécution de grimaces volontaires. Mais, quand le médecin faisait *rire* la malade, une opposition très nette apparaissait entre les deux moitiés du visage : *le côté gauche restait complètement immobile,* en même temps que la région inférieure de la moitié gauche de la face reprenait dans le rire l'aspect complet de la paralysie. L'*asymétrie* qui en résultait *était d'autant plus accusée que le rire était plus intense* ; elle disparaissait quand le rire cessait et laissait reparaître l'expression calme habituelle du visage de la malade. Il existait en outre une *hémianopsie bilatérale gauche,* partant la perte complète des champs visuels gauches, de l'externe sur l'œil gauche, de l'interne sur l'œil droit. L'acuité centrale de la vision n'était pas affaiblie, et il n'y avait rien d'anormal à l'examen du fond de l'œil, en dehors des modifications d'une forte myopie. Pupilles égales ; réaction normale. Conservation des sensibilités cutanée et musculaire sur tout le corps, excitabilité électrique intacte du côté parésié. La malade ne se plaignait ni de vertige, ni de maux de tête, ni d'autres symptômes pouvant indiquer quelque grave lésion cérébrale. Elle est faible et anémique et souffre d'une affection organique du cœur.

Voici, suivant Rosenbach, l'interprétation de ces phénomènes :

La lésion en foyer de l'hémisphère droit doit avoir été causée par une thrombose d'une artère cérébrale. Le caractère passager de l'hémiplégie et le retour presque complet de la motilité dans le bras et la face indiquent que l'affection n'a pas directement intéressé la voie motrice volontaire. Mais, comme la lésion cérébrale a déterminé une *paralysie isolée de la mimique* de la moitié gauche de la face, paralysie qui a persisté, cette observation doit, déjà de ce fait, nous incliner à croire que la voie nerveuse de l'innervation des mouvements de la mimique est dans le cerveau séparée et distincte de celle de l'innervation des mouvements volontaires. « La combinaison, non encore décrite jusqu'ici, d'une paralysie mimique isolée avec une hémianopsie fournit une base au diagnostic topique de la lésion dont il s'agit. La perte des moitiés gauches du champ visuel, qu'on doit rapporter à une interruption de la conduction des impressions de la vue pénétrant dans le cerveau par le *tractus opticus* droit, peut être déterminée par un arrêt de cette fonction soit dans le *tractus* lui-même, soit dans sa station terminale dans le lobe occipital, soit dans une de ses stations intermédiaires (corps genouillés et tubercules quadrijumeaux) à proximité de la région postérieure du thalamus. Comme, d'une part, nous pouvons éliminer l'hypothèse d'une lésion multiple du cerveau et que, d'autre part, une affection des tubercules quadrijumeaux n'aurait aucune vraisemblance ici, ainsi qu'il ressort clairement de l'histoire de la malade, il ne reste qu'à localiser la lésion dans un territoire dont l'affection explique aussi bien l'un que l'autre des symptômes de déficit qu'offre cette femme. Or ce territoire est le *thalamus*. Des cas ont été décrits déjà dans lesquels une lésion isolée du thalamus évolue en s'accompagnant de paralysie des mouvements de la mimique (Gowers, Gayet) ; et il en est de même, on le sait, pour l'hémianopsie. Enfin, ce qui milite encore en faveur de la localisation ici proposée, c'est l'hémiplégie passagère de la malade, laquelle s'explique facilement par la proximité du territoire en question avec la capsule interne. »

Encore que l'autopsie, nous le répétons, n'ait pas pu confirmer ce diagnostic si élégant, on doit le considérer comme un document précieux

pour la question de l'*innervation des mouvements d'expression des émotions*, et d'autant plus qu'une rare combinaison de symptômes a permis à ROSENBACH de faire un diagnostic local des plus vraisemblables (1).

Voici enfin le cas de KIRILZEW : une tumeur du *thalamus opticus* gauche avait déterminé la perte de la mimique émotive sur la moitié opposée de la face.

Un homme de 18 ans tomba d'une grande hauteur en faisant des exercices de gymnastique ; la tête frappa le sol ; un court évanouissement suivit cette chute (mai, 1889). Une semaine après environ, outre de la céphalalgie et des vertiges, on notait une hémiparésie droite, des mouvements ataxiques des extrémités de ce côté, des oscillations de la marche, un léger ptosis à gauche ; des troubles du langage sous forme d'*anarthrie* ; les pupilles réagissaient lentement à la lumière ; l'acuité visuelle avait baissé ; perte complète du sens musculaire et diminution des autres modes de la sensibilité du côté droit. Légère asymétrie de la face ; la commissure droite de la bouche était abaissée. Toutefois les mouvements volontaires s'exécutaient de la même manière sur les deux moitiés de la face. On remarqua alors que lorsque le malade riait ou grimaçait sous l'influence de quelque excitation, *la moitié droite de la face restait immobile et ne participait à aucun des mouvements d'expression mimique* de la moitié gauche. Ce malade ayant succombé (4 janvier 1890), après des vomissements subits, dans un profond assoupissement (*sopor*), l'autopsie laissa voir une hyperhémie veineuse de la dure-mère et de la pie-mère ; les circonvolutions des deux hémisphères étaient aplaties et les ventricules considérablement dilatés et remplis de sérosité. La *couche optique gauche* était envahie par une tumeur (gliosarcome) de la grosseur d'un œuf s'étendant à la moitié gauche des tubercules quadrijumeaux. Des hémorrhagies de diverses dates, dont une tout à fait récente, existaient dans la substance du thalamus, aussi bien que dans celle de la *capsule interne gauche* voisine. Le reste du cerveau n'offrait rien de notable.

KIRILZEW s'est appuyé sur ce cas, et sur d'autres encore, pour conclure que les *couches optiques* sont des organes dont les fonctions ont d'étroits rapports avec l'innervation des *mouvements de la mimique affective* et le sens musculaire (2).

Des collatérales et même des fibres nerveuses vont du corps trapézoïde au noyau du facial, ainsi qu'à la *formatio reticularis*. Cette disposition

---

(1) A. PICK a observé un cas, bien fait également pour confirmer la doctrine de NOTHNAGEL touchant le diagnostic topique des lésions de la *couche optique*, quant aux rapports du thalamus avec les *mouvements d'expression mimique de la face*. Mais ce qui nous fait citer ici cette observation, c'est que, comme dans le cas de ROSENBACH, il existait une hémianopsie homonyme gauche, et que cette circonstance plaidait, avec non moins de force, pour la localisation de la lésion causale dans le thalamus. *Ueber allgemeine Gedächtnissschwäche als Folge cerebraler Heerderkrankungen, mit einem Beitrage zur Lehre von der topischen Diagnostik der Sehhügelläsionen.* Prager med. Wochenschr., 1893.

(2) S. KIRILZEW. *Zur Casuistik der Erscheinungen des Thalamus opticus.* Neurol. Centralbl., 1891 (Société des neuropathologistes de Moscou, 16 nov. 1890).

renferme l'explication la plus probable de l'*influence réflexe* qu'exercent les *excitations acoustiques sur les mouvements de la mimique*, de la *respiration*, du *pouls*, des *vaso-moteurs*, etc. Le tubercule quadrijumeau postérieur, point d'interruption du ruban de Reil latéral, représente une étape importante de la voie centrale de l'audition, voie constituée par le *corpus trapezoideum* et le ruban de Reil latéral. De récentes recherches expérimentales ont appris à Bechterew que le tubercule quadrijumeau postérieur réunit en soi des centres de l'*ouïe*, de la *voix* et de *coordination des mouvements réflexes*. Sa destruction complète est suivie chez les animaux de *surdité*, d'*aphonie* et de *paralysie* de l'activité musculaire de la station et de la marche; ces fonctions sont gravement altérées si la destruction de ce ganglion a été incomplète. L'excitation du tubercule quadrijumeau postérieur détermine, au contraire, la production de sons vocaux, provoque des mouvements des yeux du côté opposé, des mouvements spasmodiques des membres du côté opposé et aussi, pour une moindre part, du côté correspondant, enfin des mouvements de redressement et d'inclinaison en avant de l'oreille opposée. « Les rapports directs existant entre le tubercule quadrijumeau postérieur et le noyau antérieur de l'acoustique (par le ruban de Reil latéral et par les fibres du *corpus trapezoideum*) donnent à cette hypothèse un appui suffisant quant à la fonction de l'ouïe, en même temps que la participation du *corpus bigeminum posticum* aux fonctions motrices s'explique d'une manière très satisfaisante par son rapport avec le *nucleus reticularis tegmenti* et avec les noyaux du pont de Varole (1). »

De nouvelles observations pathologiques sont venues confirmer en partie les résultats auxquels Bechterew était parvenu dans son grand travail des *Archives de* Virchow (1887), travail où il avait démontré l'existence, chez les animaux et chez l'homme, de centres *thalamiques* d'innervation involontaire, réflexe, des mouvements d'expression innés des différents états affectifs, en même temps qu'il avait indiqué celle des centres d'innervation des organes végétatifs dont l'activité accompagne d'ordinaire les sentiments et les émotions. La pathogénie du rire et du pleurer spasmodiques dans les affections de l'écorce du télencéphale reçoit quelque lumière nouvelle de ces observations cliniques.

Une syphilis cérébrale avait déterminé, chez un des sujets qu'il a observés, une thrombose des branches de la sylvienne irriguant les

---

(1) W. v. Bechterew. *Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark*, 2te Aufl., 1899, 322 sq. Cf. 144, 637.

centres moteurs de l'écorce (1). Les lésions étaient multiples sur les deux hémisphères. Une amélioration rapide suivit le traitement spécifique de l'affection. Toutefois les troubles de nutrition dus à cette artérite avaient amené des ramollissements des centres moteurs de l'hémisphère droit (hémiplégie gauche) et de l'hémisphère gauche (parésie du pied et de la main droits). Ainsi, à gauche, les *mouvements volontaires* du pied, de la main et de la branche inférieure du facial étaient *paralysés*. En discutant le diagnostic topographique de la lésion, Bechterew montre que cette hémiplégie ne saurait être rapportée à une lésion de la capsule interne : dans ce cas, en effet, la paralysie de la main est d'ordinaire plus accusée que celle du pied, et la paralysie de la face ne s'étend pas alors seulement aux mouvements volontaires, mais aussi aux mouvements d'expression mimique. En outre, la propagation de la lésion d'un hémisphère à l'autre, ordinaire dans les affections de l'écorce, ne l'est point dans celles de la capsule interne, qui déterminent d'un seul coup ou du moins rapidement l'hémiplégie de toute la moitié opposée du corps. Il n'y avait pas lieu davantage à hésiter entre une hémorrhagie, une thrombose ou une embolie des artères. Car les hémorrhagies les plus fréquentes sont, on le sait, non celles des artères corticales, mais celles précisément des artères cérébrales centrales, irriguant les ganglions de la base et la capsule interne, régions dont la destruction ne pouvait avoir produit les symptômes considérés. *Les mouvements mimiques de la face étaient conservés* : les deux moitiés du visage se contractaient régulièrement. Des accès irrésistibles, et persistant pendant des heures, de pleurer et de rire, éclataient sans motif psychique correspondant ou du moins suffisant. Il s'agissait donc d'une affection de l'écorce des centres moteurs des deux hémisphères.

Dans un autre cas, tout à fait analogue, il existait sûrement une affection *bilatérale* du cerveau, un ramollissement cortical consécutif à une artérite syphilitique des branches de la sylvienne. Outre de l'aphasie, il y avait une paralysie bilatérale des mouvements volontaires de la face avec conservation des mouvements réflexes de la mimique faciale.

Les foyers de ramollissement de l'écorce avaient, chez ces deux malades, entre autres, supprimé la possibilité des inhibitions corticales des centres thalamiques des mouvements d'expression involontaires ou mimiques. Le rire et le pleurer possédaient donc un caractère absolument forcé ou incoercible.

Ce rire est un symptôme observé dans certaines névroses, quoique le

---

(2) W. v. Bechterew. *Unaufhaltsames Lachen und Weinen bei Hirnaffectionen*. Arch. f. Psych., XXVI, 1894, 791-817.

mécanisme de sa production ne soit naturellement pas le même, sinon fonctionnellement, du moins organiquement, que dans les cas de lésions destructives des cellules d'origine des faisceaux moteurs de l'écorce cérébrale. Plus rares dans l'*épilepsie* que dans l'*hystérie*, Bechterew a pourtant observé des cas où l'attaque débutait par un accès de rire spasmodique dont le malade ne conservait aucun souvenir : c'était bien, dit-il, un « rire automatique », présentant tous les caractères du rire forcé ou incoercible. Il existe des cas, plus rares encore, dans lesquels le rire et le pleurer incoercibles peuvent être, en l'absence d'autres signes névropathiques actuels, l'unique symptôme d'une névrose ou d'une disposition névropathique (Charcot). Chez les aliénés, Bechterew a également observé le rire et le pleurer irrésistible, chez les paranoïques entre autres : ces malades ne pouvaient donner aucune raison de la cause de leur rire ; ils ne pouvaient, disaient-ils, s'empêcher de rire ; voilà tout. Aux cas les plus intéressants du rire forcé appartient l'histoire d'une famille de rieurs : le chef de la famille, un jour, à table, commença de rire sans cause ; l'accès dura jusqu'au soir ; il fut par la suite, deux fois par jour, pris de ce rire inextinguible. Deux ans plus tard le même phénomène apparut chez la plus jeune des filles, puis dans d'autres membres de la famille. Les enfants de ces membres de la famille ont aussi souffert de ces accès de rire ; ils se montrèrent aux mêmes époques que chez les parents.

Le rire incoercible accompagne, ce semble, beaucoup plus rarement les lésions d'autres parties du cerveau, de la capsule interne, par exemple, ou des ganglions de la base, que celles de l'écorce cérébrale. En outre, dans tous les cas, et sans exception, ce sont les régions motrices de l'écorce qui participent à l'affection, ce qui se manifeste soit par de l'hémiplégie, quand l'affection corticale s'étend largement aux centres moteurs, soit, quand elle se limite à certaines régions motrices, par des monoplégies et par de l'aphasie. Dans tous les cas connus, il y avait toujours une affection du facial, soit complètement isolée, soit accompagnée de paralysie des extrémités (dans les hémiplégies) : « L'état présent de la doctrine des localisations cérébrales nous permet de conclure que cette participation constante du facial à la paralysie indique que, dans tous ces cas, il existait une lésion du tiers inférieur des circonvolutions centrales ». Cette conclusion est d'accord avec la *fréquence de l'aphasie,* signalée dans ces cas : il y avait une lésion simultanée de F_3, voisine du tiers inférieur des FA et PA. Enfin, il n'est pas inutile de répéter que, dans plus de la moitié des observations, l'affection de l'écorce cérébrale était *bilatérale.*

Avant d'insister sur le mécanisme pathologique du rire incoercible, tel qu'on l'observe dans les lésions du cerveau, Bechterew a recherché

quelles sont les conditions physiologiques d'où résulte le rire lui-même.

Sans parler de la rétraction en arrière et en haut des commissures des lèvres de la bouche qui s'ouvre et du rétrécissement des fentes palpébrales, on note, accompagnant les changements d'expression du visage, une forte expiration plusieurs fois interrompue par l'occlusion rapide de la glotte, d'où résulte toute une série de brefs mouvements d'expiration de la cage thoracique avec ouverture de la glotte et vibrations intenses des cordes vocales, cause de l'émission des sons caractéristiques du rire. En outre, si le rire est violent, sécrétion des larmes et rougeur plus ou moins forte du visage. La sécrétion des larmes peut être ici la conséquence toute mécanique de la contraction des muscles qui environnent les yeux. On sait combien de gens versent des larmes en riant; du rire au pleurer la transition n'est d'ailleurs pas très rare. Toutefois, cette sécrétion des larmes dans le rire doit dépendre aussi d'une excitation des nerfs de la sécrétion lacrymale. On peut expliquer l'afflux du sang au visage par la violence de l'expiration, par conséquent comme un phénomène de stase sanguine d'origine purement mécanique dû à l'élévation de la pression intrathoracique. Mais il n'est pas moins vraisemblable que cette congestion peut être active et reconnaître pour cause la dilatation des vaisseaux de la face par suite d'un changement d'innervation vaso-motrice. En résumé, il entre, dans le rire, une combinaison de mouvements respiratoires, de tensions des cordes vocales, de sécrétions de larmes, de phénomènes vaso-moteurs et de mouvements mimiques des muscles du facial.

Le rire étant d'ordinaire causé par des excitations psychiques, quels centres corticaux prennent part à l'innervation de ces mouvements et de ces sécrétions, concourant à la production du rire? Les centres *corticaux* de la *respiration,* de la *tension des cordes vocales,* de la *sécrétion des larmes,* du *système nerveux vaso-moteur,* ont été déterminés par Hitzig, Landois et Eulenburg, Bochefontaine, Munk, Preobraschenski, mais surtout par Bechterew et par ses collaborateurs, Ostankow et Misslawski. C'est là une grande page d'histoire des fonctions du cerveau qui devait être écrite avec le soin et les développements qu'elle comporte; elle fait l'objet d'un chapitre spécial de ce livre. Mais, si l'on associe l'activité des centres corticaux du facial à celle de ces différents centres dont la synergie fonctionnelle crée la symptomatologie du rire et du pleurer, on possédera tous les éléments principaux de la synthèse. Qu'on prenne garde cependant que les observations cliniques connues ne témoignent que de l'existence, dans l'*écorce cérébrale,* de centres des mouvements volontaires de la face, non de centres des mouvements mimiques. De plus, on a souvent observé une paralysie isolée des mouvements mimiques de la face avec conservation des mou-

vements volontaires. A l'autopsie de ces cas, on constate d'ordinaire des lésions de la couche optique. Si, dans le cas de HUGUENIN, un foyer fut trouvé dans la région du pont de VAROLE, des fibres issues du thalamus pouvaient avoir été lésées en ce point. On n'a pas encore publié un cas de paralysie corticale des mouvements mimiques de la face. Il n'en suit pas, BECHTEREW le reconnaît, que la paralysie mimique isolée ne puisse pas être le résultat de lésions de l'écorce. L'avenir décidera sans doute cette question. Si l'on admet l'existence d'un centre, encore inconnu, des mouvements mimiques de la face dans l'écorce des hémisphères cérébraux de l'homme, on ne pourra cependant expliquer le rire autrement que par l'activité combinée, par la synergie fonctionnelle, de tous les centres corticaux énumérés. D'autre part, des faits certains établissent l'existence, dans les ganglions sous-corticaux, de centres coordonnés servant à l'expression des sentiments. Bref, tous les faits indiquent que les couches optiques participent à la production des mouvements d'expression des états affectifs.

Dans le grand travail des *Archives* de VIRCHOW (1887), BECHTEREW avait montré que l'excitation par l'électricité des couches optiques provoque, chez les animaux les plus différents, avec l'accélération de la respiration, des mouvements expiratoires accompagnés d'expressions de la voix et de mouvements variés de la face, des extrémités et du tronc, lesquels rappelaient les réactions motrices ordinaires des sentiments et des émotions. Ces phénomènes étaient les mêmes, semblait-il, que les animaux fussent ou non décérébrés. En outre, ils n'étaient sûrement pas dus à une excitation simultanée des voies pyramidales qui, de leurs cellules d'origine, dans l'écorce, vont par la capsule interne à la moelle allongée et à la moelle épinière : chez les mammifères (lapins et chiens) dont l'excitation des couches optiques avait déterminé ces phénomènes, les régions motrices du cerveau avaient été enlevées longtemps avant ces expériences, et la dégénération secondaire, l'inexcitabilité des fibres de la voie des pyramides, avait eu lieu.

Il résultait aussi des expériences de BECHTEREW et de MISSLAWSKI qu'on ne saurait plus douter d'une influence des *couches optiques* sur le *système nerveux vaso-moteur* et sur la *sécrétion lacrymale*. Enfin, lorsqu'on excite les couches optiques au niveau de la *commissure grise*, en même temps que la sécrétion des larmes, tous les phénomènes qui suivent l'excitation du sympathique cervical se montrent : *dilatation de la pupille*, *protrusion des bulbes oculaires*, *retrait de la troisième paupière*. Bien d'autres centres fonctionnels ont été signalés par BECHTEREW et par d'autres savants dans les couches optiques : 1° des *centres* pour les *mouvements du cœur*; 2° des *centres* pour les *mouvements de l'estomac et*

de l'intestin; 3° des *centres* pour les *contractions de la vessie*; 4° des *centres* pour l'*activité des organes sexuels* (mouvements du vagin). Au point de vue physiologique la proximité de tous ces centres dans les couches optiques ne manque pas d'importance; elle explique, par exemple, les cas si fréquents où le rire s'accompagne de contractions de la vessie avec émission d'urine involontaire.

Ainsi, en dehors de cette participation directe, bien constatée, des couches optiques aux fonctions des organes de la vie végétative, Bechterew avait établi expérimentalement et cliniquement que ces ganglions du diencéphale « contiennent des centres pour la plupart des mouvements d'expression innés (sentiments et émotions), centres qui entrent en activité soit sous l'influence d'excitations psychiques *involontaires*, tels que les différents états affectifs, soit d'une manière *réflexe*, à la suite d'excitations cutanées ou de stimuli des organes des sens ». La conclusion qui s'impose, c'est que, en tant que mouvements d'expression, le rire et le pleurer se produisent par l'intermédiaire des couches optiques grâce à un système de fibres thalamiques servant à transmettre les excitations venues : 1° de l'écorce cérébrale; 2° de la périphérie du corps (dans l'excitation réflexe du rire, par exemple). Les faisceaux allant aux divers centres des couches optiques peuvent contenir, comme il est naturel, des fibres d'arrêt aussi bien que des fibres excitatrices.

Les cas pathologiques de rire incoercible, spasmodique, présentaient, on l'a vu, des lésions corticales des centres moteurs : l'affection du *pallium* devait donc, dans ces observations, avoir été la cause déterminante du rire forcé. Mais est-il légitime de faire directement dériver de ces lésions cérébrales la cause vraie des excitations involontaires d'où résultait l'explosion du rire ? Ces lésions cérébrales, en supprimant la connexion entre les zones motrices de l'écorce et les couches optiques, n'ont-elles pas pu, de ce fait, empêcher toute inhibition volontaire du rire, de sorte que celui-ci, à la moindre occasion, et même sans qu'il existât aucun motif de rire, éclatait irrésistiblement? Dans les cas de lésions organiques du cerveau accompagnées de rire ou de pleurer spasmodiques, Bechterew incline à admettre la dernière hypothèse, parce que, pour se produire, les accès de rire avaient besoin, du moins presque toujours, de telle ou telle cause extérieure, fût-ce la plus insignifiante. Dans d'autres cas, le contraire reste toujours possible, et à cette dernière catégorie appartiennent et l'observation d'une famille de rieurs (Fixe-Bits), et le rire de début de l'attaque d'épilepsie, et le rire hystérique, et les accès de rire notés dans les ascendants ou les collatéraux des névropathes ou au cours des psychoses.

Le pleurer spasmodique est aussi incoercible que le rire. Dans les

lésions organiques du cerveau le pleurer inextinguible n'est point rare. Bechterew l'a observé dans la *paralysie générale progressive*, dans la *syphilis cérébrale*, dans des cas de *tumeurs cérébrales* et de *ramollissement*. De même dans les *névroses*, où il accompagne surtout l'*hystérie*, encore qu'il puisse se montrer en l'absence complète d'hystérie, à titre de symptôme névropathique indépendant : dans cette dernière occurrence, Bechterew a vu les accès de pleurer s'accompagner, non de sanglots, mais d'un abondant flux de larmes. Les conditions physiologiques du pleurer ont donc, avec celles du rire, beaucoup de caractères communs. Le pleurer de cause psychique résulte certainement de l'activité combinée du centre facial de la mimique et des centres de sécrétion lacrymale et de vaso-motricité. Il est, par conséquent, manifeste que les couches optiques et les faisceaux thalamiques servent, comme pour le rire, de centres et de voies nerveuses aux excitations qui déterminent le pleurer. Bechtérew estime donc que le pleurer incoercible observé dans les affections organiques du cerveau se produit en vertu des mêmes conditions pathologiques, du même mécanisme physiologique, que le rire incoercible, et qu'il résulte par conséquent soit d'une abolition des influences d'arrêt du télencéphale, soit d'une excitation périphérique des centres et des voies nerveuses du thalamus.

Le rire et le pleurer spasmodiques font aussi partie de la symptomatologie de la paralysie pseudobulbaire, telle qu'elle a été constituée par Oppenheim et par Siemerling. Les observations de cette nature et les mémoires où elles ont été publiées n'ont été connus ni de Bechterew ni de Brissaud. Les individus atteints de lésions bilatérales des hémisphères cérébraux éclataient en larmes ou tombaient dans des accès de rire, tout secoués de sanglots ou de spasmes de rire, à la moindre excitation, soit qu'ils cherchassent à parler ou à avancer simplement les lèvres ; le visage rougissait ou devenait livide ; la respiration s'arrêtait en expiration, le pouls se ralentissait, devenait irrégulier, s'arrêtait. Oppenheim résume lui-même ainsi les caractères de cette mimique émotive : 1° spasme tonique des muscles de la *face* et de la *respiration* ; 2° explosion des mouvements mimiques accompagnant les états affectifs sans autre cause qu'une excitation sans rapport avec la violence et l'étendue de cette combinaison de symptômes. Pour expliquer ces manifestations de mimique émotive, Oppenheim supposait que « le cerveau contient des centres d'arrêt pour ces sortes de mouvements, centres en connexion, par des voies nerveuses, avec les noyaux des nerfs bulbaires », si bien qu'une interruption de ces voies donnerait la raison explicative des phénomènes du rire et du pleurer spasmodiques : on devrait donc s'attendre à les rencontrer aussi bien dans la forme bulbaire, dans la paralysie bulbaire, que dans la paralysie pseudo-

bulbaire (1). Le rire spasmodique a été plus rarement observé par Oppenheim chez ses malades que le pleurer incoercible. Il n'osait décider si ces phénomènes reposent sur une affection ou émotion psychique correspondante ; les malades en tous cas le contestaient : ils se plaignaient même vivement, surtout lorsqu'il s'agissait du rire, de ces symptômes intempestifs de mimique forcée (*mimische Zwangsbewegungen*). Depuis ses premiers travaux, Oppenheim a pu se convaincre avec tout le monde que l'écorce cérébrale contient en effet des centres d'innervation pour tous les nerfs crâniens moteurs et que ces centres corticaux sont reliés avec les noyaux bulbaires. Il est également certain que les muscles du pharynx, du larynx et des bulbes oculaires sont sous la dépendance, non pas seulement de l'hémisphère cérébral opposé, mais sous celle de l'hémisphère homolatéral (Wernicke, Senator, Knies). Reste à décider si, dans un cas donné, le cerveau est seul affecté par des foyers bilatéraux ou si ce sont les voies *intrapontines supranucléaires* des nerfs crâniens moteurs qui sont atteintes par une lésion. Ainsi, dans deux des cas observés par Oppenheim, l'occlusion des paupières, impossible volontairement, — la volonté n'ayant plus aucune puissance sur l'innervation volontaire des muscles des yeux, — avait lieu immédiatement dès qu'on touchait la conjonctive ou la cornée ou qu'on éclairait la rétine, par conséquent d'une façon réflexe, comme dans les états émotifs, en particulier dans le pleurer involontaire. Becker, à propos d'un cas pur de paralysie pseudo-bulbaire, dit qu'il existait une paralysie des mouvements volontaires de tous les muscles du facial avec conservation de l'excitabilité réflexe, tant sous l'influence des excitations sensitives que des émotions. Le *trismus*, décrit par Lépine comme symptôme cortical, appartient à cet ordre de phénomènes. Ainsi, lorsque les sanglots éclatent, la mâchoire, demeurée fermée, et que la volonté n'entr'ouvrait qu'incomplètement, s'ouvre toute grande.

Tous les phénomènes jusqu'ici décrits, en tant qu'ils ont trait à des muscles qui participent à l'exécution des mouvements d'expression, relèvent également des lésions de la paralysie pseudo-bulbaire. Dans la plupart des observations suivies d'autopsie, on peut sûrement faire remonter la cause de l'affection à des foyers *bilatéraux* des hémisphères cérébraux, lésions de déficit ayant produit l'interruption des *deux voies motrices cortico-nucléaires* : « l'interruption *bilatérale de la voie cortico-nucléaire des nerfs crâniens moteurs*, du n. facialis, du n. hypoglossus, du

(1) H Oppenheim. *Kurze Mittheilung zur Symptomatologie der Pseudobulbärparalyse*. Fortschritte der Medicin, 1895. — Cf. *Zur Symptomatologie der Pseudobulbärparalyse*. Berl. Gesellsch. f. Psych. u. Nervenkrankh., 10 déc. 1894.

n. vago-accessorius, voilà, dit Oppenheim, la cause qui semble surtout provoquer le complexus symptomatique décrit ». Ce savant témoigne avoir vu des cas où la musculature de la face, de la langue, du larynx, paralysée pour la volonté, se contractait au contraire avec une grande force dans les émotions, par exemple dans le *rire* et le *pleurer* spasmodiques, de sorte, ajoute-t-il, que la physionomie prenait un aspect animal du fait de l'ouverture exagérée de la bouche et du pharynx. Il y a plus ; le malade, aphone, poussait alors des cris de joie, faisait entendre des croassements, émettait des sons : « J'ai observé aussi un rare *mélange* de *rire* et de *pleurer* : l'accès débutait par le rire et se continuait par le pleurer spasmodique. » Ce phénomène, Oppenheim avait admis dans son premier mémoire qu'il résultait d'une *lésion des voies nerveuses d'arrêt (Hemmungsbahnen)* ; Strümpell, Bechterew l'ont également admis, sans connaître le travail d'Oppenheim.

Le complexus symptomatique des mouvements mimiques forcés, les « attaques de mimique », résultent donc de foyers *bilatéraux*, intéressant les centres d'arrêt des mouvements mimiques volontaires. La lésion entraînera les mêmes effets si elle affecte, des deux côtés, les voies motrices volontaires, ou d'arrêt, cortico-nucléaires, des nerfs crâniens moteurs du facial, de l'hypoglosse, du vague et de l'accessoire. Dans la plupart des observations décrites sous le nom de *paralysie pseudo-bulbaire*, à côté de lésions de déficit des deux hémisphères cérébraux, il existe des foyers, isolés ou multiples, dans la protubérance annulaire et la moelle allongée ; il y a donc une forme cérébro-bulbaire de la paralysie glosso-pharyngo-labiale. Oppenheim a décrit une forme de cette affection où des troubles psychiques, démence, états d'excitation ou de dépression, confusion mentale hallucinatoire, étaient accompagnés de paralysie des muscles de la déglutition, de la respiration, de la phonation, des extrémités. A ces manifestations s'associaient quelquefois celles du rire et du pleurer spasmodiques. Ce sont ces observations qui ont inspiré à Oppenheim les élégantes et rigoureuses déductions cliniques qu'on vient de lire.

L'essai de localisation centrale du rire et du pleurer spasmodiques que l'on doit à Brissaud est une des pages les plus brillantes de l'œuvre de l'éminent neurologiste français. Les conceptions physiologiques de ce savant reposent toujours, on le sait, sur la large et solide assise des conditions anatomiques des phénomènes (1). La lésion corticale du cerveau, par exemple dans l'hémiplégie de cause cérébrale, est-elle la cause directe

(1) E. Brissaud. *Leçons sur les maladies nerveuses* (Salpêtrière, 1893-1894). Paris, 1895, XXIe Leçon. *Sur le rire et le pleurer spasmodiques.*

ou indirecte du rire et du pleurer spasmodiques? Chez les malades observés par BRISSAUD, ces manifestations émotives dérivaient d'un sentiment correspondant : elles étaient seulement excessives et constituaient un syndrome spasmodique de l'affection organique du cerveau. Il s'agit de manifestations musculaires ou sécrétoires des « mouvements de l'âme », partant de nature centrifuge. Dans le rire, le processus, d'abord localisé aux muscles innervés par le facial inférieur, retentit du noyau de la VII[e] paire sur ceux du pneumo-gastrique, du spinal, du phrénique : il peut s'étendre au reste des noyaux moteurs de la moelle épinière, quand éclatent les convulsions généralisées du rire : « Une fois qu'il a commencé, écrit BRISSAUD en parlant du fou rire, il faut le subir jusqu'à complet épuisement : c'est une attaque d'épilepsie qui fatalement parcourt le cycle de ses manifestations convulsives et que rien ne peut enrayer dès que l'aura s'est fait sentir. » De même, dans le pleurer, l'excitation se propage des muscles du facial aux muscles de la glotte et du diaphragme : le sanglot éclate, secouant le thorax comme dans le rire. La sécrétion des larmes et la rougeur du visage, phénomène de vaso-dilatation primitive, et non le résultat d'une congestion passive, sont des phénomènes de même ordre que les autres manifestations motrices, conséquences obligées de toute expression extérieure des émotions, des sentiments et des passions. Ainsi que le rire et le pleurer, le bâillement, qui peut être « psychique », comme dans l'ennui, « réflexe », par le besoin de sommeil, « spasmodique », comme chez les hémiplégiques de cause cérébrale, est aussi un acte à « mécanisme pré-établi », auquel participent les muscles du facial, du pneumo-gastrique, du spinal, de l'hypoglosse, et toute une série de paires cervicales. Les expressions contraires, quoique pouvant être simultanées, du rire et du pleurer, y compris le sanglot, résultent de la prédominance des contractions des releveurs ou des abaisseurs, des expirateurs ou des inspirateurs.

D'ordinaire les noyaux bulbaires ne déterminent ces contractions que sous l'influence d'excitations de l'écorce cérébrale transmises par la couche optique. S'il existe une lésion irritative localisée exclusivement dans le bulbe, les spasmes qui en sont la suite sont, dit BRISSAUD, grimaçants : ils participent à la fois du rire et du pleurer, tous les noyaux bulbaires agissant à la fois et le thalamus n'intervenant pas. Ainsi dans la sclérose amyotrophique, ou maladie de CHARCOT, ce n'est ni le rire ni le pleurer, mais un mélange de tous les deux. Le rire forcé spasmodique a été observé par JOLLY dans une forme purement cérébrale de sclérose multiple. Lorsque les hémisphères cérébraux n'interviennent pas, comme dans le chatouillement, le rire est d'ordre purement réflexe, car c'est dans le thalamus que le rire a son centre de réflexion. C'est dans le tha-

lamus qu'est le centre de coordination réflexe du rire et du pleurer, et, d'une façon générale, de tous les jeux affectifs de la physionomie. Pour que le rire soit « psychique », c'est-à-dire corresponde à des représentations mentales qui le provoquent, l'influence de l'écorce est indispensable.

C'est par le segment antérieur de la capsule interne, par le *faisceau psychique* (Brissaud), parti de la région préfrontale du télencéphale et rayonnant dans le thalamus par les fibres de la racine antérieure de ce ganglion du diencéphale, que les excitations du lobe frontal sont conduites aux centres de coordination de la couche optique. Or, quand une lésion a détruit totalement un des segments antérieurs de la capsule interne, le malade, privé des stimulations volontaires, conscientes, de sa mimique émotive, du côté correspondant des hémisphères, ne pourra plus rire que du côté de la face dont les rapports avec l'autre hémisphère n'auront pas été abolis du fait d'une semblable lésion capsulaire. Si la lésion est bilatérale, les effets seront également bilatéraux. De même, avec une lésion bilatérale du faisceau géniculé de la capsule interne, ou faisceau moteur volontaire de la face, tout mouvement volontaire du facial sera supprimé. Les centres de coordination réflexe de la couche optique ne continueront pas moins de mettre en jeu, par l'intermédiaire des noyaux moteurs bulbaires, toutes les expressions mimiques de la physionomie, mais cette incitation sera déréglée : « les noyaux seront, en quelque sorte, en état d'ébriété. » Le malade sera impuissant à maîtriser son hilarité ou ses pleurs involontaires : le symptôme du *rire bulbaire* se développera sans contrôle et sans frein. Chez tous ces malades, conclut Brissaud, la lésion avait atteint cette partie de la capsule interne appelée « faisceau psychique », faisceau reliant directement l'écorce du lobe frontal aux noyaux gris thalamiques et bulbaires ; bref, ce faisceau est un « trait d'union entre certains centres où la pensée prend naissance et d'autres qui en projettent automatiquement le reflet ». Cette lésion, localisée par Brissaud dans le segment antérieur de la capsule interne, implique en somme la rupture de voies nerveuses cortico-thalamo-bulbaires qui sont la condition des mouvements d'expression psychique ou volontaire du rire et du pleurer. Or cette voie, puisqu'elle est volontaire, est de nécessité une voie d'inhibition ou d'arrêt. Pour nous comme pour Strümpell et la plupart des neurologistes, tout faisceau volontaire est un faisceau d'inhibition (*Willensbahn* = *Hemmungsbahn*). L'hypothèse de Brissaud est donc en harmonie avec tout ce qui est connu des fonctions du système nerveux central.

Enfin Mingazzini a particulièrement insisté sur les troubles d'émotivité exagérée qui, chez certains déments postencéphalomalaciques, repro-

duisent le tableau si frappant du *rire* et du *pleurer spasmodiques* (1). On commence à connaître quelques-unes des causes anatomiques de ce phénomène : une lésion irritative ou destructive des faisceaux nerveux qui, du cerveau, descendent, par le segment antérieur et le genou de la capsule interne, jusqu'au *thalamus*, où sont les *centres de coordination réflexes des muscles de la mimique*, aurait pour effet d'exciter ou de paralyser la production de ces réflexes mimiques, l'écorce du télencéphale ne pouvant plus régler ni adapter ces mouvements d'expression (2). Sous l'influence de stimulations périphériques de la peau et des organes des sens, étrangères au ton affectif qui accompagne toute représentation, ces mécanismes réflexes du *thalamus* entreront donc en jeu, d'une manière fatale, et le *rire* ou le *pleurer*, sans cause affective ou morale correspondante, apparaîtra, incoercible, sur la face des malades.

C'est ce qu'a observé Mingazzini chez le malade Antonini, où une simple réponse à une question, un effort quelconque, faisait éclater des pleurs et des gémissements irréfrénables : il existait un ramollissement bilatéral du *noyau lenticulaire* ; l'un de ces foyers de ramollissements était précisément situé, à droite, le long du *segment antérieur* de la *capsule interne*. Chez Valeri, un ramollissement du *putamen* et du segment interne du *globus pallidus* se trouvait à gauche. D'autres constatations anatomo-cliniques, moins favorables à première vue à l'hypothèse de Brissaud, la confirment au contraire, lorsqu'on approfondit l'étude du mécanisme des expressions mimiques, comme l'a fait le savant anatomiste italien.

Les mouvements incessants de l'activité mimique de la physionomie, résultant du réveil des images que provoquent l'audition des mots, les souvenirs, la pensée, sont subordonnés à l'intégrité fonctionnelle de la chaîne des neurones destinés à ce délicat mécanisme. Quand la mimique change, du fait d'une *excitation sensitive* ou *sensorielle*, c'est que la série des neurones correspondants (visuels, acoustiques, tactiles, etc.) a non seulement transmis cette excitation au centre respectif de perception, mais que le sentiment qui résulte de cette perception a pu être, avec son *ton affectif propre* (agréable ou douloureux), propagé à son tour, par l'entremise d'une chaîne de neurones d'association, jusqu'au *centre de coordination* des mouvements de la mimique, le *thalamus*, et, de ce ganglion

(1) G. Mingazzini. *Osservazioni cliniche ed anatomiche sulle demenze postapoplettiche.* Riv. sperim. di fren., XXIII (1897), 585, 804.

(2) Il paraît prudent à Mingazzini de s'abstenir encore de décider si la région où passent les faisceaux régulateurs des mouvements de la mimique occupe tout le segment antérieur de la capsule interne.

central, par l'intermédiaire d'un autre neurone, jusqu'au noyau bulbaire du facial. Si les *neurones d'association*, c'est-à-dire *les centres corticaux de la vie intellectuelle et morale*, cessent d'exercer leur action régulatrice sur le *thalamus*, la mimique dépendra des excitations les plus variées de la sensibilité générale et spéciale. L'office des *neurones d'association*, c'est, en quelque sorte, de juger si le *thalamus* doit répondre, et dans quelle mesure, à l'excitation. « Ce pouvoir d'inhibition, effet d'une longue et ancienne éducation, implique, comme condition nécessaire, un fonctionnement et un développement parfaits des voies associatives interhémisphériques. On comprend ainsi pourquoi l'émotivité facile appartient surtout à l'*enfant*, à la *femme*, aux *vieillards* et aux *involuants*, en un mot, à tous ceux dans lesquels les *voies d'association* ou n'ont pas encore eu le temps de se développer, ou n'ont point atteint une complète évolution, ou ont commencé à s'atrophier. La délicatesse des mécanismes qui servent à inhiber ou à régler les manifestations du plaisir et de la douleur apparaît avec évidence dans l'émotivité si caractéristique du stade initial de l'affection d'un grand nombre de *déments paralytiques*, quoique les altérations de leur cerveau ne consistent encore que dans la disparition d'un petit nombre de fibres d'association. *Or plus profondes et diffuses seront les atrophies et les lésions de déficit de l'encéphale, et surtout des hémisphères cérébraux, plus sera gravement atteint, on le conçoit, le pouvoir d'inhibition exercée par l'écorce sur les mouvements mimiques de réponse du thalamus.* Qu'il se produise maintenant des ramollissements encéphaliques ; comme ceux-ci sont les exposants d'une altération diffuse du cerveau, on comprend que le lien réunissant les diverses chaînes de neurones se relâchera d'autant, et que l'*action inhibitrice du neurone cortical glosso-facial* sur le *thalamus* en sera rendue *difficile*. Toute maîtrise de la mimique deviendra ensuite impossible si la zone où sont réunis les faisceaux régulateurs des expressions mimiques, zone qui serait représentée, selon Brissaud, par le segment antérieur et par le genou de la capsule interne, se ramollit. » Ainsi s'explique l'antithèse apparente existant entre ces deux faits d'observation : d'une part, la facilité réflexe à pleurer et à gémir, ou le vrai pleurer spasmodique, qui résulte de ramollissements circonscrits du segment antérieur de la capsule interne, et, d'autre part, l'émotivité, beaucoup moins bruyante, qui est la conséquence de vastes destructions de l'écorce du télencéphale.

Parmi les symptômes connus des affections du thalamus, von Monakow signale entre autres les phénomènes de la chorée posthémiplégique et les *troubles des mouvements d'expression mimique*. Quoique les lésions productrices de ces phénomènes n'aient encore été étudiées que macroscopiquement et que leur topographie soit incertaine, ils ne laissent pas d'avoir une valeur diagnostique bien établie. Les troubles des mouvements

d'expression mimique sont un symptôme assez fréquent de lésions du thalamus ; la moitié affectée de la face est du côté opposé au foyer thalamique. Chez nombre d'*hémiplégiques*, dont la face ne peut être contractée volontairement du côté malade, cette moitié du visage parésiée ne « laisse pas de se contracter avec force, et avec la même facilité que l'autre moitié, dès que le patient vient à *rire* ou à *pleurer* du fait de quelque émotion. Au contraire, dans les lésions du thalamus, les malades peuvent contracter volontairement la moitié affectée de la face, mais cette moitié du visage demeure immobile et sans aucune expression mimique dans les émotions. C'est ce qui a été souvent observé dans les tumeurs du thalamus (Nothnagel, Bechterew, Bruns, etc.). « Sur quel point du thalamus doit siéger la lésion pour qu'apparaisse sûrement le trouble des mouvements d'expression mimique ? C'est, écrit Monakow, ce qui est aussi peu exactement déterminé que pour la chorée posthémiplégique. Dans certains cas, avec des foyers en apparence localisés tout à fait semblablement, le phénomène faisait défaut ; dans d'autres cas, le contraire fut constaté, c'est-à-dire que les mouvements d'expression mimique se montraient manifestement exagérés (Eisenlohr). Ainsi je n'ai pu observer ces phénomènes dans un cas où une lésion de déficit avait intéressé toute la partie considérée par l'effet d'une dégénération secondaire (consécutivement à un foyer primitif du lobe pariétal). On doit, en tout cas, faire observer que ce n'est pas la destruction des groupes de cellules en question du thalamus qui, comme telle, altère les mouvements d'expression mimique : cela dépend aussi de la qualité de la lésion, du mode de son développement et de son action. Ce symptôme ne saurait donc être regardé simplement comme un phénomène de déficit. La question réclame un examen plus attentif afin qu'on connaisse s'il s'agit ici et dans quelle mesure de phénomènes de paralysie ou de phénomènes d'irritation (processus d'arrêt). Selon nous il est vraisemblable qu'une partie de l'arc réflexe sensible du *rire* et du *pleurer émotifs* a son siège dans la couche optique (1) ».

On a aussi, à titre d'autres symptômes des affections du thalamus, des tumeurs en particulier, observé des *troubles vaso-moteurs* dans les extrémités opposées au foyer : celles-ci se montrent souvent plus chaudes et plus rouges : il y a aussi de l'œdème de la peau, surtout en cas de paralysie. On en a donc conclu, mais sans preuve encore, suivant v. Monakow, que le thalamus contient des centres vaso-moteurs. Dans quelques cas on a aussi observé une sécrétion exagérée de *sueur* sur le côté parésié. On ne saurait refuser d'admettre que des faisceaux de fibres servant aux fonctions de sécrétion, de vaso-motricité et d'autres en rapport avec le système nerveux sympathique ne soient représentés dans le thalamus. Ainsi, avec des foyers étendus unilatéraux du thalamus, on a noté, outre des troubles vaso-moteurs, une atrophie musculaire du côté opposé au foyer. Dans certaines formes d'hémiplégie et d'anesthésie, du côté paralysé on a vu une atrophie rapide envahir tous les groupes musculaires de la même manière (Borgherini, Eisenlohr, Darkschewitsch, Quincke). Or, une atrophie musculaire hémilatérale de ce genre n'a certainement rien à faire avec une lésion éventuelle de la voie des pyramides, celle-ci ayant d'ailleurs été trouvée intacte le plus souvent dans ces cas. Mais cette hémiatrophie s'est rencontrée très souvent lorsque le thalamus était lésé, et en particulier dans son segment postérieur (surtout du fait d'hémorrhagie). On ne saurait affirmer en connaissance de cause qu'il s'agit ici de la perte d'influences trophiques (Quincke) ou de troubles vaso-moteurs (Darkschewitsch). Ce qui permettrait de mieux comprendre la nature de cette hémiatrophie, c'est qu'elle coïncide souvent à la fois avec des troubles de sensibilité et de vaso-motricité ; on

(1) C. von Monakow. *Gehirnpathologie*. Wien, 1897, 588-9

pourrait alors expliquer l'atrophie par la perte de plusieurs influences qui d'ordinaire s'exercent par les voies afférentes. Tous ces symptômes sont les seuls troubles qu'on observe le plus fréquemment dans les lésions du thalamus; dès 1879, NOTHNAGEL les avait indiqués comme caractéristiques des affections des couches optiques.

Von MONAKOW est surtout frappé de l'inconstance, de l'irrégularité, de la complexité des symptômes qui résulteraient des affections des couches optiques. On doit admettre, par exemple, selon lui, que, dans la chorée posthémiplégique, alors même que les lésions irritatives qui la provoquent ont leur siège dans le thalamus, les causes du phénomène doivent être cherchées en dehors de ce ganglion, peut-être dans l'écorce cérébrale, mais peut-être aussi en même temps dans plusieurs autres régions du cerveau, si bien qu'il s'agirait d'actions à distance compliquées parties du thalamus. L'observation clinique unie à l'anatomie pathologique est encore bien incapable de nous donner même une vue grossière des troubles véritables du système nerveux dans les lésions des couches optiques.

L'ablation des hémisphères entraîne entre autres, on le sait, chez les jeunes animaux la dégénération secondaire complète de la plus grande partie du thalamus : ce rapport de dépendance entre tel territoire cortical et tel noyau du thalamus nous permet de comprendre l'importance et le rôle fonctionnels du thalamus. Les lésions destructives étendues du cerveau de l'homme présentent le même rapport. On a appris ainsi qu'une partie du thalamus, le corps genouillé externe, forme d'une part une station terminale des *fibres optiques* et est d'autre part la source principale des radiations optiques : c'est la station intercalaire entre la rétine et la sphère visuelle. Le *noyau ventral* du thalamus et peut-être d'autres noyaux encore de ce ganglion se trouvent, relativement au ruban de REIL, tout à fait dans les mêmes rapports que le corps genouillé externe avec le nerf optique : le *noyau ventral du thalamus* est une station terminale provisoire des *faisceaux de sensibilité générale du corps*. L'expérimentation et les résultats de l'observation anatomo-pathologique ont permis à von MONAKOW d'établir avec certitude qu'*il existe une projection de centres inférieurement situés (centres primaires de la sensibilité et autres centres) sur les divers noyaux du thalamus, projection dont les différents territoires peuvent être assez rigoureusement délimités. La projection des surfaces sensitives du corps sur le cerveau a lieu par l'intermédiaire des noyaux du thalamus* : les cellules nerveuses de ces noyaux envoient leurs prolongements cylindraxiles dans certains territoires circonscrits de l'écorce où ils se terminent en s'arborisant. Voici ce qui ressort au point de vue clinique de cette conception du thalamus.

La couche optique forme une partie importante des appareils centraux servant à la perception des impressions sensorielles et cutanées. La représentation de ces sensations est assez rigoureusement localisée ; la représentation de chacun de ces organes est bilatérale, et cela ne laisse pas de faire attribuer une certaine importance à la *commissura mollis*. Des conditions très favorables existent ainsi dans le thalamus pour les suppléances, au cas où la lésion n'est pas trop étendue. Cela explique pourquoi, dans les lésions en foyer du thalamus, les phénomènes de déficit sont si souvent transitoires et que maintes lésions peuvent même rester tout à fait latentes. Une lésion des stations terminales des voies de sensibilité entraînera des troubles dans la série des mouvements associés : certains éléments constituants de ces mouvements seront exagérés, d'autres frappés d'arrêt ; l'exécution en sera défectueuse, anormale et comme dévoyée. Ces troubles du mécanisme des mouvements réflexes dépendant du thalamus expliquent, avec les *mouvements choréiques,* les anomalies du jeu de la *mimique émotive*. Enfin, von MONAKOW n'a garde d'oublier de rappeler que le thalamus étant une des principales sources des excitations centripètes de l'écorce cérébrale, des lésions irritatives, telles que les tumeurs du thalamus, doivent facilement propager leur action aux territoires corticaux en correspondance avec les foyers d'irritation, et que ces stimulations anormales se transforment, par l'intermédiaire de la zone rolandique, en réactions motrices pathologiques.

CENTRES SENSORIELS

(Centres sensori-moteurs.)

VISION, AUDITION, OLFACTION

Phylogéniquement, le système nerveux sensitif et le système nerveux sensoriel ont une origine commune; ils présentent les plus profondes affinités. Le système nerveux sensoriel des vertébrés rappelle plus ou moins la structure du système nerveux sensitif, en particulier celle de ce système chez les invertébrés, ainsi que l'a établi G. Retzius (1).

Organe de l'odorat. — Les cellules olfactives de Max Schultze correspondent de tous points aux cellules nerveuses périphériques encore situées dans l'épithélium d'où elles envoient leur prolongement central au névraxe. Les cellules olfactives s'arborisent librement dans les glomérules du *bulbus olfactorius*. Dans l'organe périphérique de l'odorat a persisté, des Cyclostomes à l'Homme, un état tout à fait semblable à celui du système nerveux sensitif des Lombrics, état même inférieur à celui d'autres vers, tels que les Polychètes, et des Mollusques.

Organe de l'ouïe. — Les cellules ciliées de l'épithélium ne sont point des celllules nerveuses (Retzius, van Gehuchten). Le prolongement central des neurones cochléaires, cellules bipolaires, s'arborise dans le névraxe; le prolongement périphérique se termine dans les *maculae*, les *cristae* et les *papillae acusticae* de l'organe de l'ouïe après s'être ramifié entre les cellules ciliées. Histologiquement, il existe pour le mode de terminaison périphérique des nerfs cochléaires une structure analogue à celle que von Lenhossek et Retzius ont découverte indépendamment dans l'organe du *goût*. Il se trouve, par rapport aux nerfs sensitifs de la *peau* et des *muqueuses*, au stade de développement où le prolongement périphérique de la cellule bipolaire des ganglions cérébro-spinaux possède

(1) G. Retzius. *Ueber die neue Prinzipien in der Lehre von der Einrichtung des sensiblen Nervensystems.* Biologische Untersuchungen. N. F., 1892, IV, 49-56. *Weiteres üb. die Endigungsweise des Gehörnerven.* Ibid., 1893, V, 35-38.

une libre terminaison intraépithéliale et intercellulaire. C'est là, chez les vertébrés, un état morphologique en progrès sur celui de l'organe de l'odorat et qu'il convient de rapprocher de celui des Polychètes et des Mollusques, en ce que les cellules nerveuses se sont éloignées de l'épithélium et ont descendu dans le tissu sous-jacent, bref, se sont rapprochées du névraxe. Elles ont cependant conservé leur type primitif de cellules bipolaires.

L'organe de l'*ouïe* présente ainsi, dans l'évolution phylogénique, un stade intermédiaire entre l'organe de l'*odorat* et l'organe du *tact* de la peau et des muqueuses : les cellules d'origine du nerf cochléaire non seulement se sont éloignées de l'épithélium périphérique et se sont rapprochées du névraxe ; leur prolongement périphérique se termine par des ramifications plus ou moins abondantes dans un épithélium périphérique comme celui des cellules sensitives et gustatives.

Organe du tact. — Cet organe présente, au point de vue phylogénique et morphologique, un développement plus élevé que celui des organes de l'odorat et de l'ouïe : les cellules nerveuses ont reculé jusqu'à proximité du névraxe : elles constituent les ganglions cérébro-spinaux. Leur ancien type bipolaire est devenu chez les vertébrés supérieurs aux poissons unipolaire ; enfin, le prolongement périphérique de ces neurones sensitifs se termine librement en se ramifiant, dans les organes du tact, la peau et les muqueuses, par des arborisations très étendues, entre les cellules épithéliales.

Organe du goût. — Dans cet organe, dont la structure est fort différente de celle de l'organe de l'odorat, quoiqu'il soit d'usage de rapprocher ces deux sens, on n'a point trouvé de cellules nerveuses véritables qu'on puisse appeler gustatives dans l'acception où l'on appelle olfactives celles des *fila olfactoria*. Les cellules véritables du goût, les cellules nerveuses, se sont, comme il est arrivé pour celles de l'organe du tact, éloignées de l'épithélium et sont les cellules propres du nerf de la gustation. Phylogéniquement, comme morphologiquement, l'organe du *goût* se trouve donc à peu près au même stade de développement que l'organe du *tact* et, à certains égards, que l'organe de l'*ouïe*. Très éloignés de la périphérie, émigrés vers l'organe du système nerveux central, les proto-neurones sensoriels du goût envoient à l'organe externe de ce sens leur prolongement périphérique qui se ramifie et se termine librement dans l'épithélium entre des cellules spéciales qu'on peut regarder, ainsi que les cellules ciliées de l'organe de l'ouïe, comme des manières de cellules du sens considéré, mais non comme des organites de nature nerveuse.

Organe de la vue. — Avec RAMON Y CAJAL, RETZIUS distingue trois sortes de cellules nerveuses disposées en trois étages distincts dans la rétine :

1° les cellules des cônes et des bâtonnets; 2° les grains internes (cellules bipolaires), avec les spongioblastes; 3° les neurones (cellules ganglionnaires) de la couche inférieure. Comparées à celles des autres organes des sens, les cellules nerveuses périphériques de l'organe de la vue, les cellules des cônes et des bâtonnets, lui ont paru correspondre en quelque façon aux cellules olfactives de l'organe de l'odorat. Seulement leur prolongement central, au lieu d'être projeté dans le cerveau proprement dit, pour s'y arboriser dans des glomérules, n'atteint que la *couche moléculaire externe* et s'y termine par une petite ramification. Là, dans cette couche moléculaire externe de la rétine, Retzius aperçoit sûrement la limite de la couche cérébrale (*Hirnschicht*); les parties de la rétine postérieurement situées font bien partie du cerveau. Les cellules nerveuses du sens de la vue seraient donc encore, comme celles de l'odorat, situées en plein épithélium. Elles ne s'en seraient pas éloignées, elles n'auraient pas émigré à l'intérieur, à proximité de l'organe central, comme les cellules de l'ouïe et surtout celles du tact et du goût.

En somme, de cette étude comparée de la structure histologique des différents organes périphériques des sens, il résulte que leurs protoneurones, sensitifs ou sensoriels, sont des cellules nerveuses bipolaires, situées, soit dans l'épithélium, soit à des distances variables de l'épithélium et à proximité plus ou moins grande de l'organe central, du névraxe. Dans tous les organes des sens, le prolongement périphérique du protoneurone sensible se termine du côté interne de l'épithélium, le prolongement central s'arborise dans le système nerveux central. Les terminaisons nerveuses des deux prolongements périphériques et centraux se ramifient librement et n'ont que des rapports de contiguïté, non de continuité, avec les éléments anatomiques à proximité immédiate de leurs ramifications ultimes. Un principe commun, une unité de structure apparaît donc et se dégage de cette considération anatomique de tous les organes des sens.

Vision. — Quoique l'importance psychologique des centres de la vision, si longtemps au premier rang, doive sans doute, dans un avenir peu éloigné, céder le pas à celle des centres de l'audition pour la connaissance de l'organe de la pensée, et cela uniquement en vertu de considérations tirées de l'anatomie du cerveau de l'homme, on ne saurait trop admirer le grand mouvement d'études dont a été l'objet, depuis quelques années, le centre cérébral de la vision mentale et l'appareil nerveux intracérébral de cette fonction, constitué par les centres primaires optiques, corps genouillés externes, pulvinars des couches optiques, tubercules quadrijumeaux antérieurs, et par les faisceaux de projection

qui relient les fibres rétiniennes aux stations centrales du nerf optique et celles-ci à l'écorce du lobe occipital (1).

Modes de connexion de la rétine avec les centres optiques primaires. — C'est un principe admis et démontré par His, Forel, Ramon y Cajal, Kölliker, Retzius, von Lenhossek, van Gehuchten, que toutes les fibres nerveuses d'origine périphérique se terminent, d'une façon presque identique, par des arborisations libres, dans une partie déterminée de l'axe cérébro-spinal. Les fibres du nerf optique, c'est-à-dire les prolongements cylindraxiles des cellules ganglionnaires ou nerveuses de la rétine, ne font pas exception à cette loi. Ces fibres se terminent dans les

---

(1) H. Munk, v. Monakow, Henschen, Dejerine et Vialet ont jeté la plus vive lumière sur cet immense domaine de la psychologie physiologique, science naturelle, province de la biologie. Nous avons écrit ailleurs l'histoire critique des faits et des doctrines relatifs à la vision mentale qui ont servi à préparer les voies de ces continuateurs de Panizza. Dès 1855, au cours d'une étude à la fois anatomique, expérimentale et clinique, sur les origines centrales du nerf optique et sur les rapports de ce nerf avec le cerveau, Panizza avait constaté la dégénérescence secondaire des corps genouillés externes, des couches optiques, des tubercules quadrijumeaux et des faisceaux qui s'irradient dans le lobe occipital, consécutivement aux lésions expérimentales et pathologiques des radiations optiques et de l'appareil périphérique de la vision. Nous allons passer en revue les diverses solutions apportées au problème des conditions anatomiques et de la nature physiologique de la vision mentale par des documents originaux d'une valeur scientifique incontestable, le mémoire de Munk, *Sehsphaere und Augenbewegungen* (*) ; celui de Steiner, non moins important pour la physiologie comparée (**); le travail considérable de Monakow (***), où le célèbre anatomiste de Zurich a fait subir à sa conception, devenue classique, des centres de la vision mentale une modification si profonde (****) ; les travaux de Henschen, dont la théorie sur le centre de la vision est à coup sûr la plus propre à nous frapper (*****) ; les idées de Wilbrand, dont on a critiqué la théorie sur la dualité des centres de perception et d'idéation visuelles ; la monographie de Sachs sur le lobe occipital (******), travail de l'école de l'illustre maître Wernicke ; le livre de Vialet, *Les Centres cérébraux de la vision* (*******), qui n'a pas seulement mis en œuvre les documents de la précieuse collection anatomo-pathologique de son maître, Dejerine, mais qui avait écrit une œuvre originale, nourrie de faits nouveaux et de recherches personnelles.

(*) Sitzungsberichte der königl. preussischen Ak. der Wiss. zu Berlin, 1890. Cf. *Sehsphäre und Raumvorstellungen*, 1891. *Ueber die Funct. der Grosshirnrinde.* Berlin, 1890, 293.

(**) L. Steiner. *Sinnessphaeren und Bewegungen.* Pflüger's Arch. f. Phys., 1891, L, 603.

(***) *Experimentelle und pathol. anat. Unters. über die optischen Centren und Bahnen nebst klinischen Beiträgen zur corticalen Hemianopsie und Alexie.* Arch. f. Psych., XXIV, 1892.

(****) Pour l'indication des textes et l'histoire critique des faits et des doctrines de Monakow, de Munk, de D. Ferrier, de Luciani, de Mauthner, etc., relatifs à la vision mentale, voyez Jules Soury, *Les fonctions du cerveau* (2ᵉ édit., 1892) ou nos articles des Archives de neurologie, dans lesquels, en 1889, 1890, 1891, la synthèse de ces travaux étrangers a été présentée.

(*****) *Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns.* Upsala, I, 1890 ; II, 1892 ; III, 1894. — *On the visual path and centre.* Brain, 1893. — *Om synbanans anatomi ur diagnostisk synpunkt.* Upsala, 1893 (Programme d'Université). — *Sur les centres optiques cérébraux.* Congrès internat. de Rome, 2 avril 1894.

(******) *Das Hemisphärenmark des menschlichen Grosshirns.* I. Das Hinterhauptslappen. Leipzig, 1892, in-4.

(*******) *Les centres cérébraux de la vision et l'appareil nerveux visuel intra-cérébral.* Avec une préface de Dejerine, 90 figures, par H. Gillet et Vialet. Paris, 1893.

lobes optiques des oiseaux, des reptiles, des batraciens, des poissons et dans les corps genouillés externes des mammifères. En tant que la rétine renferme les cellules d'origine de ces fibres, on les doit appeler *fibres rétiniennes*. C'est ainsi qu'on appelle *fibres olfactives* les fibres qui ont, chez les mammifères, les oiseaux, les reptiles, leurs cellules d'origine dans la muqueuse olfactive et qui s'arborisent dans le bulbe olfactif en s'entrelaçant aux prolongements protoplasmiques descendant des cellules mitrales dans les glomérules. C'est ainsi que les *fibres auditives* ont leurs cellules d'origine dans les cellules nerveuses de l'organe de Corti (1). Bref, contrairement à ce qu'on avait cru, le nerf optique ne prend pas son origine dans les lobes optiques : il s'y termine, au contraire. L'origine véritable du nerf optique est dans les cellules nerveuses de la couche ganglionnaire de la rétine. Voilà ce qu'a démontré, après Dogiel, Tartuferi, Ramon y Cajal et Pedro Ramon, van Gehuchten, dans une étude magistrale sur la *Structure des lobes optiques chez l'embryon de poulet* (La Cellule, 1892). C'est, avec les derniers travaux de l'illustre histologiste de Barcelone et de son frère, S. Ramon y Cajal et Pedro Ramon, la source la plus abondante où l'on doive puiser pour la connaissance des rapports de la rétine et des centres primaires optiques sous-corticaux.

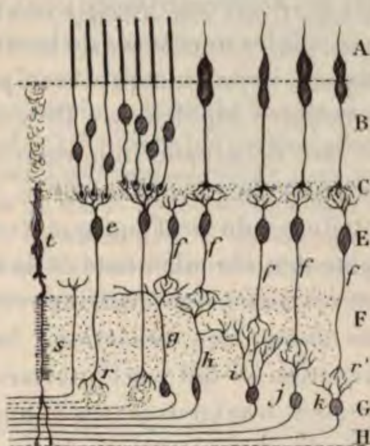


Fig. 21. — Coupe transversale de la rétine d'un mammifère. — *A*, couche des cônes et des bâtonnets *B*, corps des cellules visuelles (grains externes). *C*, couche plexiforme externe. *E*, couche des cellules bipolaires (grains internes). *F*, couche plexiforme interne. *G*, couche des cellules ganglionnaires. *H*, couche des fibres du nerf optique. *e*, cellule bipolaire pour bâtonnet. *f*, cellule bipolaire pour cône. *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, cellules ganglionnaires ramifiées dans les divers étages de la zône plexiforme interne, *r*, arborisation inférieure des cellules bipolaires pour bâtonnet en connexion avec les cellules ganglionnaires. *r'*, arborisation inférieure des cellules bipolaires pour cône. *t*, cellule de Müller ou épithéliale. *s*, fibre nerveuse centrifuge.

Des cônes et des bâtonnets de la rétine, sorte de lamelle ou de revêtement épithélial, les excitations lumineuses se propagent par les innombrables contacts des prolongements protoplasmiques et cylindraxiles des éléments cellulaires constituant, par leurs stratifications, les sept couches de ce centre nerveux périphérique, d'origine ectodermique comme tous les organes des sens (fig. 21). Les excitations des *cellules visuelles* sont donc transmises, par l'intermédiaire de la couche

(1) Retzius. *Die früheste Entwicklung der Nervenzellen im Ganglion n. acustici*. Swenska Läkaresällskap, 12 décembre 1893.

des *cellules bipolaires*, aux panaches des *cellules ganglionnaires* de la rétine, dont les cylindraxes forment la plus grande partie des fibres du *nerf optique*. Il existe, en outre, dans la couche des grains internes de la rétine, de petites et de grandes *cellules horizontales* qui paraissent remplir un rôle d'association entre les cônes et les bâtonnets de deux régions plus ou moins distantes de la rétine, et des *spongioblastes*, organites dont les uniques expansions sont en relation avec les cellules ganglionnaires de la rétine. Les *spongioblastes* étant les seuls éléments de la rétine qui reçoivent les arborisations terminales des *fibres centrifuges* (1), on peut conjecturer qu'ils servent à transmettre à ces cellules nerveuses de la rétine quelque excitation émanée des centres optiques, impulsion qui serait peut-être nécessaire pour le jeu fonctionnel des cellules bipolaires. « De toute façon, le rôle joué par les *spongioblastes* doit être de grande importance, dit RAMON Y CAJAL, car ces éléments ne manquent chez aucun vertébré. » Nous avons insisté sur l'origine des fibres centrifuges du nerf optique : continuons à suivre le courant nerveux centripète des ébranlements de la rétine.

C'est aussi une doctrine reçue, que chaque espèce de cellules visuelles nous donne des sensations lumineuses distinctes : les bâtonnets, dont l'excitation se fait par l'intermédiaire du pourpre rétinien, des sensations purement lumineuses ; les cônes, des sensations de couleur (2). Lorsqu'on étudie l'influence des couleurs spectrales sur les altérations pigmentaires de l'œil, on constate, comme l'a vu DOGIEL, que le pigment visuel disparaît surtout à la lumière blanche, moins à la rouge, et à peine dans l'obscurité. Dans les névroses, en particulier chez les hystériques qui présentent des troubles de la sensibilité, le rétrécissement concentrique du champ visuel s'accompagne d'une diminution parallèle de la perception de la lumière et des couleurs (FRANKL-HOCHWART).

Les cônes et les bâtonnets constituent des appareils différents de la vision, encore que les premiers puissent, dans certains cas, outre leur fonction propre, celle des sensations

---

(1) Chaque bandelette optique contient des *fibres optiques directes* (issues de la partie temporale de la rétine ou homolatérales), des *fibres optiques croisées* (issues de la partie nasale de la rétine du côté opposé), des *fibres pupillaires*, sorties de la rétine et destinées à provoquer, par l'intermédiaire du centre oculo-moteur commun, le réflexe pupillaire, des *fibres centrifuges* (CAJAL, DOGIEL), dont les cellules d'origine sont dans les centres optiques primaires et qui doivent servir, par leur projection sur la rétine, à quelque fonction conductrice de ce centre nerveux périphérique ; enfin, des *fibres maculaires*, également croisées et directes, en rapport spécial avec la *macula lutea*.

(2) A. KÖNIG. *Der menschliche Sehpurpur u. seine Bedeutung für das Sehen*. Sitzungsb. d. K. p. Ak. d. Wiss. z. Berlin, 1894, 577-598.

I. Thèse. Il n'existe pas de pourpre visuel dans la *fovea centralis* (non plus que dans tous les cônes).

chromatiques, produire des sensations de clarté ou de blanc. « Nous possédons, dans les *cônes,* écrit J. von Kries, un « appareil de clarté » (*Hellapparat*), c'est-à-dire adapté à l'éclairage intense, destiné à la production des sensations de couleurs, et, dans les *bâtonnets,* un « appareil d'obscurité » (*Dunkelapparat*), c'est-à-dire adapté aux éclairages moyens et faibles (appareil *monochromatique*). Dans la *fovea centralis,* qui ne contient que des cônes, les objets très faiblement éclairés, uniquement perceptibles aux bâtonnets, sont invisibles » (1). C'est que la tache jaune est un « appareil de clarté ». En étudiant le phénomène de Purkinje dans la vision directe et indirecte, avec des éclairages d'intensité différente, Kries est arrivé à rapporter les faits observés, comme à leur explication la plus simple, aux fonctions hétérogènes des cônes et des bâtonnets. Ces appareils périphériques de la sensibilité lumineuse constituent donc deux appareils dont l'un, propre à la vision directe, réagit surtout à la lumière intense, et dont l'autre, dès qu'il y a été adapté, est surtout excitable par un éclairage faible ou moyen. Les bâtonnets sont alors, c'est-à-dire lorsqu'ils sont adaptés à une obscurité relative, d'une exquise sensibilité ; ils sont essentiellement excitables par les rayons moyens et les plus réfrangibles du spectre ; ils ne déterminent que des sensations de clarté (*nur farblose Lichtempfindungen*). Cette sensibilité est plus grande à la périphérie qu'au centre de la rétine. Toutefois la sensation du blanc peut résulter non seulement de l'excitation des bâtonnets dans la vision indirecte avec un éclairage faible, mais aussi de celle des cônes dans la vision directe et à la périphérie de la rétine avec un éclairage intense. La prédominance des bâtonnets sur les cônes dans

---

(1) J. v. Kries. *Ueber die Abhängigkeit centraler und peripherer Sehschärfe von der Lichtstärke.* Centralbl. f. Physiologie, VIII, 1894, 694-697. — *Ueber den Einfluss der Adaptation auf Licht-und Farbenempfindung und über die Function der Stäbchen.* Bericht der Naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. B., IX, 2 H. — *Ueber die Funktion der Netzhautstäbchen.* Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorgane, IX. — La perception lumineuse a lieu sur toute l'étendue de la rétine (Landolt). Nous admettons, avec H. Parinaud, que le mode d'excitation de la lumière diffère pour les cônes et les bâtonnets et que la sensation que nous donnent ces éléments rétiniens est différente : les bâtonnets ne donnent qu'une sensation de lumière incolore, les cônes une sensation de couleur. Mais, quoique l'excitation des cônes de la *fovea* par des lumières simples donne toujours et exclusivement une sensation de couleur, il ne suit pas, Parinaud le reconnaît, qu'il n'y a pas de sens de la lumière dans la *fovea* et que les animaux privés des bâtonnets n'auraient pas le sens de la lumière. En réalité, en nous donnant une sensation de couleur, les cônes nous donnent aussi une sensation de lumière et, comme chez les daltoniens, ils peuvent nous donner une sensation de lumière sans sensation de couleur. « Les cônes constituent les éléments fondamentaux de la rétine humaine, écrit Parinaud (*). Ils nous donnent non seulement la sensation du *clair* et de l'*obscur*, mais aussi les sensations innombrables des *couleurs*. Il est évident qu'ils ont aussi le rôle principal dans la faculté de la rétine de différencier les impressions lumineuses géométriquement distinctes, d'où résulte la *perception des formes* ou *acuité visuelle* proprement dite. L'acuité visuelle, en effet, n'atteint toute sa perfection que dans la *fovea*, où il n'y a que des cônes. Elle baisse rapidement en dehors de la *fovea* et dans les parties périphériques de la rétine où les cônes deviennent de moins en moins nombreux. Le mode d'excitation des bâtonnets, qui se fait par l'intermédiaire du pourpre, ne se prête guère qu'à des sensations plus ou moins diffuses. Le mode d'excitation des cônes est mieux en rapport avec les propriétés isolatrices de la rétine. Les travaux de Ramon y Cajal sur la structure de la rétine plaident d'ailleurs dans le même sens. Ils montrent que chaque cône est en rapport avec une cellule bipolaire, tandis qu'une seule cellule bipolaire est affectée à plusieurs bâtonnets. »

(*) H. Parinaud. *Les fonctions de la rétine.* Rev. génér. des Sciences, 1898, 530 sq. — Cf. Aug. Charpentier *L'origine et le mécanisme des différentes sensations lumineuses.* Ibid., 1898, 267-282.

les rétines des Oiseaux et des Mammifères nocturnes ou vivant dans l'obscurité est bien connue. Aux *trichromates*, c'est-à-dire aux individus normaux voyant les trois couleurs (rouge, vert et jaune), Kries oppose les *monochromates*, c'est-à-dire les individus présentant une cécité totale des couleurs. Pour ces derniers, les couleurs du spectre présentent d'ailleurs le même ordre d'intensité lumineuse que pour l'œil normal, adapté à l'obscurité, sous un faible éclairage, ainsi que König l'a confirmé après Hering. Ces individus, privés de l' « appareil trichromatique », ne verraient donc qu'avec leurs bâtonnets (*Stäbschenseher*). Cette hypothèse, que Kries a déjà indiquée, suggère l'examen de plusieurs questions, entre autres de celles de savoir si, dans l'achromatopsie absolue, les bâtonnets sont disposés et répartis anatomiquement comme chez les individus à vision normale, si les cônes font complètement défaut ou s'ils sont seulement incapables de fonctionner. Kries a institué à cet effet de nouvelles recherches afin de déterminer l'acuité visuelle des bâtonnets, à l'exclusion des cônes, sous l'action d'une lumière bleue très faible. De ces expériences et des observations sur l'état de l'acuité visuelle dans les cas connus de cécité totale des couleurs congénitale, il semble déjà résulter que c'est bien *uniquement* d'une absence de cônes ou d'un fonctionnement défectueux de l'appareil constitué par ces organes qu'il s'agissait dans ces cas, où les autres conditions de la vision, et en particulier la distribution anatomique des bâtonnets, étaient normales. Si les bâtonnets représentent un appareil particulièrement adapté à l'éclairage faible ou obscur (*Dunkelapparat*), on s'explique la photophobie si développée, si spéciale, des monochromates, ces êtres, dans toute la série, voyant mieux dans l'obscurité ou sous la faible clarté du crépuscule et de la nuit.

On distingue, toujours quant à la marche des excitations lumineuses, la région de la vision distincte (*macula lutea, fovea centralis*) de celle du reste de la rétine. Un ébranlement de la rétine affecte toujours un ou plusieurs groupes de cellules visuelles, et, plus l'impression est forte, plus grand est le nombre des éléments affectés. Par exemple, l'impression apportée par un cône est recueillie par plusieurs cellules bipolaires à panache aplati ; il en résulte que plusieurs cellules ganglionnaires, pour le moins en aussi grand nombre que les cellules bipolaires, prennent part à la conduction de l'impression (Ramon y Cajal). Mais « au niveau de la *fovea centralis*, la conduction est plus individuelle, plus précise, car on peut dire que *chaque* pied de cône ne se met en rapport qu'avec *un* panache de cellule bipolaire, et chaque cellule bipolaire, à son tour, par sa partie inférieure, paraît ne se mettre en contact qu'avec *une* arborisation protoplasmique limitée de cellule ganglionnaire. Cela, joint à l'extrême délicatesse des cônes, ainsi que de tous les éléments qui interviennent dans la conduction de cette région, explique suffisamment l'*acuité visuelle* très grande de la fossette de la rétine. » A ce sujet, et pour fixer les idées, rappelons que d'après Kunt et L. Wolffberg, le nombre des cônes de la *fovea centralis* de la rétine serait de 7,000 à 7,500 (1). En projetant sur

(1) L. Wolffberg (Berlin). *Die entoptische Wahrnehmung der Fovea centralis und ihrer Zapfenmosaik*. Archiv. f. Augenheilk., XVI, 1.

un écran, à huit mètres de distance, l'image entoptique de sa tache jaune, WOLFFBERG trouva qu'elle occupait une surface circulaire, ou plutôt polygonale, de vingt centimètres de diamètre. Cette image, composée d'un nombre considérable de petits cercles brillants, avait l'aspect d'une mosaïque. En comptant cinquante de ces cercles par rayon, cent pour le diamètre, WOLFFBERG arriva au chiffre d'environ 7,500 cônes pour la surface de la *macula lutea,* nombre aussi d'accord que possible avec celui (7,000) des numérations microscopiques de KUNT, car le *fundus foveae* anatomique sur lequel portèrent ses calculs était plus petit que la *fovea* entoptique de WOLFFBERG.

L'autonomie du territoire maculaire, expression de la haute différenciation fonctionnelle de cette partie de la rétine, persiste dans le mode de conduction des fibres du nerf optique émanées de cette région, et dans le nerf optique, et dans le chiasma, et dans les bandelettes, et sans doute dans les centres optiques primaires. Il y a, en effet, trois faisceaux de *fibres visuelles*: le faisceau croisé, le faisceau direct, le faisceau maculaire, dont on connaît la position respective aux différents points de cette longue route. De plus, et quoique nous nous réservions d'examiner la théorie de la projection des différents segments de la rétine sur des territoires corticaux distincts de la sphère visuelle, théorie dont MONAKOW a pu faire justice au point de vue anatomique, mais non, selon nous, au point de vue physiologique, la conservation de la vision centrale dans la grande majorité des cas où, comme dans l'hémianopsie, tout un centre visuel est détruit d'un côté, nous force d'admettre que chaque région maculaire rétinienne est à la fois en connexion avec les deux hémisphères du cerveau, partant, que les fibres nerveuses nées des cellules ganglionnaires correspondantes aux cellules bipolaires des cônes de la rétine, subissent, elles aussi, une décussation au niveau du chiasma, et se divisent en faisceaux direct et croisé (WILBRAND). Ce fait de la persistance de la vision centrale ou maculaire dans la plupart des cas d'hémianopsie a profondément modifié les anciennes idées. Un examen périmétrique attentif a montré que, dans ces cas, la ligne de démarcation qui sépare la moitié aveugle du champ visuel de la moitié saine, ne passe pas par la ligne médiane : elle la dépasse de cinq à dix degrés en moyenne, en respectant l'intégrité fonctionnelle de la région maculaire. On observe d'ailleurs, à cet égard, relativement au mode d'entrecroisement de ces fibres optiques, des différences individuelles qui rappellent les variations anatomiques du faisceau direct et du faisceau croisé pyramidal, si bien étudiées par FLECHSIG et par PITRES.

Les terminaisons arborescentes des prolongements cylindraxiles des cellules ganglionnaires de la rétine, c'est-à-dire des nerfs optiques, ou,

comme il faudrait dire, des *fibres rétiniennes*, s'entrelacent, tout en restant libres et indépendantes, dans les centres optiques sous-corticaux, avec les prolongements protoplasmiques, ou dendrites, des cellules nerveuses de ces ganglions. Le premier, Ramon y Cajal les a vues « se décomposer en de magnifiques arborisations libres » et entrer en contact avec les ramifications plus ou moins vastes des dendrites. Les prolongements protoplasmiques sont de nature nerveuse et ne peuvent avoir exclusivement pour fonction la nutrition des éléments nerveux (doctrine de Golgi et de ses disciples). Les dendrites doivent donc servir, aussi bien que les arborisations terminales et collatérales des fibres nerveuses, à la transmission des processus nerveux. L'excitation se propage, toujours par simple contiguïté, des expansions protoplasmiques d'une cellule nerveuse (*appareil de réception du courant nerveux cellulipète*) au corps de cette cellule et à son cylindraxe, dont les collatérales transportent à distance les vibrations moléculaires, ainsi qu'aux libres arborisations terminales de ce cylindraxe (*appareil de conduction et de distribution des courants nerveux cellulifuges*), dont les fibres s'entrelacent aux plexus dendritiques d'une ou de plusieurs cellules à proximité.

Ainsi se forme la chaîne sans fin des neurones.

Mais on peut descendre de ces généralités histologiques du système nerveux central à l'étude de quelques faits précis sur la structure, et, partant, sur les conditions élémentaires des fonctions de la vision. C'est le cas pour les centres optiques sous-corticaux qui, mieux connus, nous apparaissent comme de véritables relais où, arrivées au terme de leur course, les fibres rétiniennes transmettent leurs messages à d'autres courriers. Comme dans l'ancienne poste, la longue route ne se fait pas tout d'une traite, et, à chaque relais, partent des chevaux frais.

Quel est le mode de distribution des fibres rétiniennes dans les centres optiques sous-corticaux, dans les lobes optiques de l'oiseau, par exemple? Quelles connexions associent entre eux ces éléments de provenance différente et dont la rencontre assure la continuité physiologique des courants nerveux dans les deux directions ? Qu'on se représente un organe où l'on peut distinguer trois couches d'éléments : 1° une couche externe, *couche des fibres rétiniennes*; 2° une couche moyenne, de beaucoup la plus épaisse, *couche des cellules nerveuses du lobe optique*; 3° une couche interne, *couche blanche des fibres centrales*, qui sortent du lobe optique comme les fibres rétiniennes y sont entrées.

Dans la première couche, les fines arborisations terminales des fibres rétiniennes rencontrent des ramifications protoplasmiques dont les structures variées ne laissent pas d'avoir une influence tout à fait particulière sur le mode de conduction et de propagation

de l'ébranlement nerveux périphérique aux centres optiques primaires. Selon, en effet, que les arborisations cylindraxiles s'entrelacent aux branches d'un bouquet protoplasmique unique ou à de puissantes ramures dendritiques s'étendant à des distances considérables, le résultat sera tout autre quant à la transmission des impressions rétiniennes. Dans le premier cas, telle cellule du lobe optique ne recevra l'ébranlement nerveux que d'un petit nombre de fibres rétiniennes voisines : chaque cellule de ce groupe pourra ainsi ne transmettre au cerveau que l'excitation propagée par une seule fibre rétinienne ou par un petit nombre de fibres rétiniennes voisines, disposition structurale qui rappelle celle de la conduction des cônes de la tache jaune dans la rétine. Dans le second cas, au contraire, où l'étendue considérable des ramifications protoplasmiques multiplie les points de contact, un seul élément du lobe optique pourra recevoir, dans la couche externe, l'ébranlement d'un grand nombre de fibres rétiniennes. On sera ainsi renseigné sur la nature d'une excitation limitée à un point déterminé de la rétine ou sur celle d'une impression ayant simultanément ou successivement agi sur les points les plus distants de cette membrane, si bien qu'il nous sera loisible de *comparer* ces excitations entre elles.

Cette dernière fonction pourrait être dévolue aux cellules à longs prolongements protoplasmiques : leurs ramifications s'élèvent en effet à la fois en des points différents de la couche externe. Outre ces cellules nerveuses de la couche moyenne, les unes à vastes ramures, les autres à unique bouquet protoplasmique, il est une troisième espèce de cellules qu'on rencontre presque partout dans le système nerveux central, cellules que Golgi avait dénommées « sensitives », et qu'il faut appeler *neurones d'association*. Ce sont des cellules nerveuses à cylindraxe court qu'on trouve interposées entre les arborisations terminales et les ramifications protoplasmiques des cellules nerveuses. Dans le lobe optique, ces petites cellules envoient, dans la couche externe, des branches protoplasmiques peu étendues qui, après avoir reçu l'ébranlement nerveux transmis par l'arborisation d'une fibre rétinienne, transmettent cette vibration, au moyen des fibrilles grêles de leur propre arborisation terminale, aux dendrites d'un grand nombre de cellules de ce lobe. L'ébranlement d'une seule fibre rétinienne pourrait être ainsi transmis à des groupes entiers de cellules de ce centre optique, comme dans le premier des cas énumérés.

On voit combien les conditions de contact, et par conséquent de transmission nerveuse, sont multiples et variées dans les centres nerveux. C'est sans doute à la multitude des conducteurs qu'il faut attribuer la constance, la régularité et la persistance de la transmission des courants nerveux, en dépit de la durée souvent longue de l'existence, et des altérations de tout genre du système nerveux central et périphérique. L'image des relais que nous évoquions tout à l'heure, pour expliquer les rapports des fibres rétiniennes avec les centres optiques sous-corticaux, s'applique aussi sans doute à ces cellules à cylindraxes touffus, à ces neurones d'association, interposés entre le point d'arrivée et le point de départ d'un courant nerveux. Peut-être ces cellules recèlent-elles une provision d'énergie nécessaire pour assurer la transmission d'un message apporté par un courrier épuisé. Quoi qu'il en soit, on aperçoit comment une excitation très localisée ou très étendue de la rétine, telle qu'une excitation de la *région centrale* ou des *parties périphériques*, peut être transmise à un ou à

plusieurs groupes, souvent très vastes, d'éléments nerveux d'un centre optique. Les dispositions anatomiques dont nous parlons sont à la fois les conditions de l'*acuité visuelle* de la *fovea centralis* et de ces impressions rétiniennes, sans doute beaucoup plus nombreuses, qui, pour n'être pas enregistrées avec conscience, n'en persistent pas moins dans les centres nerveux en quelque sorte à l'état latent. Qu'une vision de nature analogue ou identique vienne ressusciter un de ces groupes d'images visuelles ignorées, c'est-à-dire réaliser les conditions d'intensité et de durée, suffisantes et nécessaires, des processus nerveux correspondants, et ce seront des formes et des couleurs, des choses et des êtres absolument inconnus de nous qui surgiront et s'imposeront, comme dans les rêves et les hallucinations.

Voici donc les différents anneaux de la chaîne nerveuse qui, de la rétine aux centres primaires optiques sous-corticaux et à l'écorce cérébrale, assurent, par une série ininterrompue d'éléments nerveux en contact, la conduction centripète des impressions rétiniennes : cônes et bâtonnets de la rétine, cellules bipolaires de la rétine, cellules ganglionnaires de la rétine, cellules nerveuses des différentes couches stratifiées des centres optiques, stratifications qui ne sont d'ailleurs pas plus absolues dans ces ganglions que dans le cerveau, le cervelet ou le bulbe olfactif, la division classique en couches indépendantes ne reposant en somme que sur la prédominance d'une forme d'éléments nerveux sur les autres. Dans tous ces éléments, l'ébranlement nerveux est toujours recueilli par les dendrites, transmis par les cylindraxes, réparti par des arborisations terminales cylindraxiles et par des collatérales.

Mais, nous l'avons dit, la conduction des fibres contenues dans les nerfs et les bandelettes optiques est double et de direction opposée. Et, de même qu'entre le lobe occipital et les centres optiques sous-corticaux, il existe entre ceux-ci et la rétine une voie mixte, centripète et centrifuge. Les *fibres centrifuges,* parties des grandes cellules solitaires du lobe occipital, selon Wernicke, trouvent aussi des relais sur leur longue route du pôle occipital à la rétine. Nous en avons indiqué quelques-uns. Dans les centres optiques sous-corticaux il existe aussi des cellules d'origine de ces fibres centrifuges du nerf optique qui se trouvent mêlées aux fibres centripètes. Après Ramon y Cajal, van Gehuchten a parfaitement décrit les cellules nerveuses de la couche moyenne du lobe optique des oiseaux, à cylindraxe périphérique long et épais, à trajet ascendant, qui, après avoir traversé la couche externe dans toute sa hauteur, se recourbe à angle droit sur lui-même et devient une fibre constitutive du faisceau des fibres rétiniennes. Les arborisations terminales de ces fibres centrifuges du nerf

optique ont sans doute lieu dans les couches profondes de la rétine, où Ramon y Cajal a trouvé de ces arborisations libres, dans la couche des grains internes, en rapport avec les ramuscules des spongioblastes : ceux-ci transporteraient aux cellules ganglionnaires de la rétine les excitations centrifuges émanées des centres optiques, « impulsions peut-être nécessaires au jeu fonctionnel des cellules bipolaires de la rétine ». Selon van Gehuchten, ces cellules d'origine des fibres centrifuges « auraient pour principale fonction de renseigner les cellules de la rétine sur la nature et l'intensité des ébranlements amenés par les fibres rétiniennes » aux centres optiques. Dans la couche externe du lobe optique, en effet, les dendrites de ces cellules, qu'on eût naguère appelées motrices, se ramifient et s'entrelacent aux arborisations cylindraxiles des fibres rétiniennes.

Les recherches physiologiques d'Engelmann sur les mouvements des cônes et du pigment de la rétine sous l'influence de la lumière et du système nerveux (1), recherches qui semblent avoir été oubliées par les fondateurs de la nouvelle histologie du système nerveux, constituent pourtant un des plus solides fondements de la théorie des *fibres centrifuges* ou *motrices* du nerf optique. Engelmann fut conduit à la découverte des faits que nous croyons devoir rappeler par l'observation de la « réaction photomécanique », comme il s'exprimait, des segments internes des cônes : sous l'influence de la lumière, ils se raccourcissent, s'allongent dans l'obscurité, se comportant à cet égard comme le protoplasma, dont la contractilité est une des propriétés primordiales, ou la fibre musculaire. Tous les rayons visibles du spectre, pourvu que la durée et l'intensité de l'excitation soient suffisantes, provoquent cette réaction motrice des cônes, réaction dont la vitesse est relativement grande. Or, si l'on éclaire un œil chez une grenouille tenue dans l'obscurité, Engelmann remarqua que dans l'autre œil, protégé contre la lumière, les cônes et le pigment de la rétine se comportent tout à fait comme ceux de l'œil éclairé. La seule différence, c'est que les segments externes des bâtonnets sont décolorés dans l'œil éclairé, par suite de la disparition du pourpre rétinien, tandis que leur coloration est intense dans l'œil resté à l'obscurité. Ainsi, l'éclairage d'un seul œil détermine à la fois dans les deux yeux, et avec la même intensité, la réaction photomécanique des cônes. Après la destruction du cerveau, au contraire, les effets de la lumière sur ces organites demeurent toujours limités à l'œil directement éclairé. Que l'œil tenu à l'obscurité pût être directement éclairé par la lumière de l'autre œil, on ne pouvait songer à l'admettre. La seule explication de cette « sympathie » fonctionnelle des deux rétines, c'est que les cônes des deux yeux étaient synergiquement associés par les nerfs optiques, fonctionnant, dans ce cas, non comme nerfs centripètes, mais comme nerfs centrifuges ou moteurs. De là l'hypothèse, expressément admise par Engelmann, de deux sortes de fibres nerveuses dans le nerf optique, les unes sensorielles, centripètes, conductrices des impressions lumineuses et chromatiques, les autres centrifuges, motrices ou « rétino-motrices ».

Chez *Rana esculenta* et chez *Rana temporaria*, Engelmann avait vu déjà ces « fibres

---

(1) Th. W. Engelmann. *Ueber Bewegungen der Zapfen u. Pigmentzellen der Netzhaut unter dem Einfluss des Lichtes u. des Nervensystems*. Arch. f. d. ges. Phys., 1885, XXXV, 498.

rétino-motrices aller des gros centres nerveux à l'œil par le canal des nerfs optiques ». La contraction à la lumière des cellules épithéliales de la rétine n'étant qu'un cas de ces fonctions photodermiques que nous avons considérées comme les plus anciennes du sens de la vision, et que présentent encore les cellules épidermiques de la peau des grenouilles, ENGELMANN se demanda si, en éclairant exclusivement la peau du dos et des extrémités, par exemple, de ces batraciens, on ne provoquerait pas de réactions motrices des cônes rétiniens d'une manière réflexe. Le résultat de l'expérience confirma encore cette supposition. La lumière n'est pas d'ailleurs le seul stimulus capable de déterminer ces mouvements, car chez les grenouilles tétanisées par la strychnine, et tenues à l'obscurité, les cônes ont été trouvés contractés comme s'ils avaient été exposés à la lumière. Ainsi l'excitation, directe ou réflexe, des fibres du nerf optique, provoque des mouvements des cônes et de la couche de pigment de la rétine. De nouvelles expériences, instituées par W. NAHMMACHER sur les amphibiens (1893), par GOTCH et HORSLEY (1892) sur les mammifères, ont confirmé, avec les résultats d'ENGELMANN, l'existence, dans le nerf optique, à côté des fibres centripètes, issues des cellules ganglionnaires de la rétine, de fibres motrices ou centrifuges, venant des lobes optiques ou des tubercules quadrijumeaux antérieurs et se terminant librement, par de fines arborisationss, dans les couches profondes de la rétine.

Des centres primaires optiques à l'écorce du lobe occipital. Territoire calcarinien et rétine corticale. — Le lobe occipital est le centre cérébral de la vision mentale. De la rétine aux centres primaires optiques — corps genouillé externe, pulvinar de la couche optique, tubercules quadrijumeaux antérieurs, — et des centres primaires optiques à l'écorce du lobe occipital, des faisceaux de projection relient les fibres rétiniennes (nerfs optiques, chiasma, tractus) aux ganglions d'origine des irradiations optiques, dont les fibres se terminent, par des arborisations libres, sur la face interne du lobe occipital, dans le territoire de la scissure calcarine, véritable « rétine corticale » (HENSCHEN). On a déjà parlé brièvement des centres des nerfs optiques. Quant aux conducteurs, leur constitution anatomique ne saurait naturellement être moins complexe que celle des centres nerveux d'où ils tirent leur origine et où ils se terminent. Outre les fibres nerveuses de direction opposée, centripètes et centrifuges, issues de la rétine et du lobe occipital, le nerf optique, avec les faisceaux directs et croisés des parties périphériques et centrales de la rétine, contient encore des fibres pupillaires servant au réflexe lumineux de l'iris. Les éléments constitutifs de ce grand appareil, empruntés au cerveau intermédiaire, au cerveau moyen et au cerveau antérieur, siège de la vision mentale, sont de nature fort diverse. La sphère visuelle est à coup sûr beaucoup plus étendue que le centre de perception des sensations de lumière et de couleur. Nous exposerons les doctrines variées, d'inégale valeur, des anatomistes, des physiologistes et des cliniciens sur les fonctions des différentes régions du lobe occipital et du lobe pariétal considérés comme appartenant au domaine de la sphère visuelle.

Pas plus que l'anatomie pure ou les méthodes expérimentales d'ablation et d'excitation de l'écorce cérébrale, l'étude des dégénérescences n'a révélé la nature fonctionnelle propre des centres nerveux, presque toujours fort hétérogènes, dont elle montre les rapports et les connexions. La méthode anatomo-clinique, contrôlée par la méthode des dégénérescences et par les résultats de la physiologie expérimentale, de l'anatomie comparée et de l'embryologie, jette une vive lumière sur les fonctions des centres nerveux. Un examen clinique minutieux, l'étude de coupes microscopiques en séries, bref, la méthode anatomo-pathologique, a plus fait, en quelques années, avec Monakow, Henschen, Dejerine, Vialet, Redlich, pour éclairer les mécanismes des fonctions les plus élevées de l'innervation, telles que celles du langage, de la formation des concepts et de la logique de l'entendement humain, que les anatomistes et les physiologistes des deux derniers siècles.

Un exemple emprunté à Henschen nous fera mieux comprendre. Le savant professeur d'Upsal rapporte le cas d'un homme devenu aveugle, depuis environ cinquante ans, à la suite de la lèpre : les deux globes oculaires, les nerfs optiques, le chiasma, étaient détruits; il ne restait plus une fibre nerveuse des bandelettes optiques : l'atrophie avait gagné les corps genouillés externes, les pulvinars des couches optiques, les tubercules quadrijumeaux antérieurs, toutes les radiations optiques; elle s'étendait, non seulement aux lobes occipitaux, mais aux lobes pariétaux et temporaux. Faut-il en conclure que toutes ces fibres atrophiées étaient des fibres visuelles, conduisant aux centres les impressions lumineuses de la rétine? Tous ces centres nerveux des cerveaux intermédiaire et moyen, des lobes occipitaux, pariétaux, temporaux, appartiennent-ils donc au vaste territoire de la vision mentale? Non, certes. « Les fibres des nerfs optiques qui vont au pulvinar de la couche optique, aux tubercules quadrijumeaux antérieurs, aux lobes temporaux et pariétaux, ne sont pas visuelles (1). » Une dégénération presque complète du pulvinar ne produit pas d'hémianopsie si le corps genouillé est intact. Les tubercules quadrijumeaux antérieurs peuvent être gravement lésés sans qu'il se produise, chez l'homme, un trouble essentiel de la vision proprement dite. Sans aucun doute les fibres optiques qui se terminent dans ces ganglions nerveux ou en sortent servent au mécanisme de l'appareil de la vision : elles ne conduisent pas les impressions lumineuses et chromatiques de la rétine au centre cortical de la vision. Ces fibres peuvent être détruites sans déterminer de cécité dans un point correspondant du champ visuel. Le *pulvinar* de la couche optique et les tubercules quadrijumeaux sont peut-être des centres optiques réflexes : ils ne contiennent, chez l'homme, probablement aucune fibre visuelle. Seuls, les corps genouillés sont en rapport avec la vision : les lésions en foyer de ces ganglions provoquent toujours de l'hémianopsie. Certaines formes d'hémianopsie sous-corticale, dont nous parlerons, peuvent bien s'accompagner d'une lésion du *pulvinar*, mais, dans ces cas, la cause efficiente de la cécité est une lésion du corps genouillé externe. Une destruction de ce ganglion détermine une disparition du faisceau presque

(1) Henschen. *Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns*, I, 1. Upsala, 1890; II (1892); III (1894).

entier des radiations de Gratiolet, car dans la partie inférieure de ce faisceau passent les fibres visuelles dont les cellules d'origine sont dans le corps genouillé externe. De même pour les dégénérations rétrogrades : une destruction partielle du lobe occipital pourra déterminer une atrophie de la capsule interne; or, les fibres capsulaires, qui disparaîtront secondairement, ne seront pas pour cela visuelles. Ce n'est point, en effet, dans le segment postérieur de la capsule interne, mais en arrière, sur la région rétrolenticulaire de cette capsule que retentissent les lésions du lobe occipital : les fibres capsulaires proprement dites continuent leur trajet dans le pédoncule cérébral, les fibres rétrolenticulaires s'arrêtent dans les noyaux gris centraux (Dejerine).

Les idées de Henschen sur tous ces points, si différentes de celles encore généralement admises, sont déjà pourtant couramment appliquées par les cliniciens dans le diagnostic topographique des troubles de la vision d'origine cérébrale. Ainsi, Pick (1) reconnaît qu'une lésion exactement limitée à la couche optique ne produit pas d'altération fonctionnelle des perceptions de la lumière et de la forme, ni aucune lésion de déficit du champ visuel : pour que ces troubles apparaissent, il faut une lésion du corps genouillé externe ou des radiations optiques. Les symptômes relevant en propre de la couche optique sont tout autres : troubles des mouvements d'expression mimiques involontaires, automatiques, etc. Les tubercules quadrijumeaux antérieurs sont également dépouillés, chez l'homme, de l'importance que leur attribuait encore Griesinger pour la vision. D'observations pathologiques récentes il résulte, en effet, que des lésions de ces ganglions ont évolué sans altération essentielle de la vision : elles ont déterminé des troubles des mouvements des yeux et de l'innervation des pupilles. Ainsi, tandis que chez les mammifères inférieurs et dans les autres classes de vertébrés, les oiseaux, les poissons, les tubercules quadrijumeaux ou les lobes optiques avaient l'importance que l'on sait pour la vision proprement dite, ce ganglion n'est plus chez l'homme qu'un centre réflexe. Toutefois, même chez l'homme, sans parler du réflexe lumineux pupillaire, les éminences bigéminées supérieures jouent encore un grand rôle dans la transmission des courants centrifuges du nerf optique. Nous y avons insisté après Wernicke, Monakow et Ramon y Cajal : les fibres centrifuges du nerf optique, issues des grandes cellules solitaires pyramidales du lobe occipital, se terminent, après avoir traversé la station intermédiaire des tubercules quadrijumeaux, dans la couche plexiforme interne de la rétine, en se mettant en contact, par leurs arborisations aux ramilles ascendantes, avec le corps et la tige descendante des spongioblastes.

Le lobule pariétal inférieur, le gyrus angulaire ou pli courbe, n'a pas plus de rapport direct avec la vision que le pulvinar de la couche optique, les tubercules quadrijumeaux antérieurs et les fibres du segment postérieur de la capsule interne, encore que tous ces centres et tous ces faisceaux fassent sans doute partie du vaste appareil de la vision et reçoivent des fibres qui, pour ne pas transmettre d'impressions visuelles, n'en relient pas moins les globes oculaires aux tubercules quadrijumeaux et au pulvinar comme elles associent fonctionnellement la sphère visuelle à ces ganglions de la base du cerveau. Nous reviendrons sur tous ces points; nous ne voulons ici que déblayer le terrain des anciennes hypothèses qui l'encombrent de tant de ruines. Et l'on sait que rien ne dure comme les ruines.

David Ferrier, dont nous avons toujours admiré les beaux travaux de physiologie expérimentale, et quelquefois aussi l'esprit vraiment philoso-

---

(1) A. Pick. *Ueber die topisch-diagnostiche Bedeutung der Sehstörungen bei Gehirnerkrankungen*, 1895.

phique, a persisté à localiser le centre cortical de la vision distincte, des *maculæ luteæ,* dans le pli courbe de l'hémisphère opposé (1). Nous rappellerons seulement les faits qui expliquent l'erreur de ce savant, et nous passerons, sans nous arrêter à demontrer l'évidence. Parce que Charcot et quelques-uns de ses élèves avaient localisé la sensibilité cutanée dans des régions du cerveau qui sont incontestablement les centres de la vision et avaient attribué les troubles de ce mode de la sensibilité à des affections du lobe occipital, bref, parce qu'ils avaient donné le nom de faisceaux sensitifs internes et externes, toujours dans l'hypothèse qu'ils serviraient à des fonctions de sensibilité générale, au faisceau même des conducteurs visuels, aux radiations optiques, faisceau sensoriel de projection, et au faisceau longitudinal inférieur, considéré jusqu'à Flechsig comme faisceau d'association, est-il nécessaire de rappeler que cette théorie, devenue déjà presque incompréhensible par les progrès naturels de la science, n'aurait pas été étouffée et remplacée par une nouvelle végétation de faits et d'idées, si elle avait vraiment été vivace? Mais on n'a guère observé d'anesthésie ou d'hyperesthésie de la sensibilité cutanée dans les lésions circonscrites du *cuneus* et du lobe lingual. On n'a pas continué davantage à localiser, avec Ferrier, les sensations viscérales de la faim et de la soif dans les lobes occipitaux.

Où sont les schémas de Charcot pour expliquer par un entre-croisement complémentaire des fibres optiques du faisceau direct l'amblyopie croisée, unilatérale, dans l'hémianesthésie hystérique? C'était alors un article de foi, un dogme dans l'école, que les lésions du centre cortical de la vision produisent une cécité unilatérale et croisée. Où est le schéma de Grasset, construit pour rétablir, contre Charcot, suivant lequel l'hémiopie bilatérale devait dépendre d'une lésion du tractus ou des ganglions de la base, non du cerveau, l'existence réelle de l'hémianopsie bilatérale homonyme par lésion de l'écorce? Mais tous ces schémas ont été utiles. Goltz, Ferrier, Munk lui-même n'ont-ils pas commencé par soutenir, car ils croyaient l'avoir observé, qu'une lésion unilatérale du centre de la vision, chez le chien et le singe, détermine, non une cécité partielle des deux rétines du côté opéré, mais une cécité complète de l'œil opposé, et cela parce que la décussation des fibres du nerf optique était, pensaient-ils, complète chez ces mammifères?

Pour déterminer avec exactitude le siège et les limites du centre cortical de la vision, les longs efforts et les vastes investigations des physiologistes n'ont point suffi. En cette étude comme en toute autre, c'est

(1) David Ferrier. *Leçons sur les localisations cérébrales*. Paris, 1891, 52.

la méthode, c'est l'intelligence vraiment philosophique des phénomènes, c'est la subordination des faits observés à quelques principes, simples généralisations de l'expérience, qui ont assuré les premiers résultats certains. Et la méthode qui s'est montrée efficace en ce domaine de la connaissance ne sera sans doute pas moins féconde pour l'étude des autres provinces de l'innervation supérieure : elle consiste à tenir compte du principe des connexions, connexions fonctionnelles, impliquant des associations anatomiques, directes ou indirectes. En dépit de leur autonomie relative, tous les organes de l'écorce cérébrale proprement dite sont pourtant solidaires entre eux et avec les organes des cerveaux intermédiaire, moyen, postérieur, avec le bulbe et la moelle épinière, avec le système nerveux périphérique et sympathique.

Conclure d'un rapport de cause à effet en rattachant tel symptôme à telle lésion, expérimentale ou pathologique, de tel organe cérébral, sans se préoccuper des connexions et des associations systématiques, à proximité ou à distance, qui interviennent nécessairement dans tout phénomène biologique, et qui, sous forme de possibilités, se présentent, souvent très nombreuses, à l'esprit de l'observateur, c'est s'exposer à localiser la vision centrale dans le pli courbe ou la sensibilité générale dans la circonvolution de l'hippocampe, comme l'a fait David Ferrier. C'est encore ainsi que Richter, n'ayant trouvé dans un cas d'hémianopsie bilatérale homonyme par ramollissement du cuneus qu'une atrophie secondaire du pulvinar de la couche optique, en a conclu, contre Monakow, que les lésions en foyer du lobe occipital ne déterminent pas de dégénérescences secondaires du corps genouillé externe ni des tubercules quadrijumeaux ; il n'a vu, dans un cas, que l'atrophie du pulvinar ; cela suffit ; la cause est entendue. Mieux vaut ne pas rappeler les essais de localisations cérébrales (mélancolie, suicide, centre de l'idéation, etc.), que l'on a proposés en ne s'appuyant d'ordinaire que sur une ou deux autopsies.

Henschen, sans s'écarter jamais de l'observation clinique et de l'examen microscopique des lésions du cerveau, nous semble avoir bien indiqué dans ces paroles la nature et la signification véritable des faits qui ont induit tant de chercheurs en erreur et rendu nécessaire l'application d'une méthode vraiment critique. « En enlevant la sphère visuelle, il doit se produire une dégénération dans les fibres qui conduisent l'impression de la lumière : mais il se produit aussi des changements secondaires dans d'autres fibres qui unissent la sphère visuelle aux parties de l'écorce et aux ganglions centraux (1). » Si l'on rend responsable d'un trouble de la

(1) Henschen. *Sur les centres optiques cérébraux*, p. 3.

vision, de l'hémianopsie, par exemple, tous les territoires de l'écorce qui, à l'examen du cerveau, ont été trouvés lésés, on n'aura fait que la première moitié du travail : aux cas positifs il faudra opposer les cas négatifs, et, en procédant ainsi par élimination, suivant les principes d'Exner, de Séguin, etc., on trouvera une lésion constante, invariable, quant à la localisation, et qui ne manquera jamais dans le symptôme considéré, alors que toutes les autres lésions à sièges différents, rencontrées plus ou moins souvent, peuvent manquer, et manquent en effet dans les cas types. Le cas type, on finit toujours par le trouver. Broca, Henschen, d'autres encore, l'ont découvert un jour. Quand la théorie explique tous les cas connus et n'est en contradiction avec aucun, on l'appelle scientifique ; elle forme désormais une des assises, inébranlable souvent pour des siècles, du savoir humain.

Avant d'arriver à sa théorie, qui limite le centre optique à la scissure calcarine, Henschen a examiné, en analysant la nature de chaque cas, tous les documents cliniques et pathologiques relatifs à la question du centre cortical de la vision. Tous les lobes cérébraux qui environnent le lobe occipital et toutes les parties du lobe occipital lui-même ont été trouvés lésés dans l'hémianopsie. Pour le lobe pariétal, Henschen a montré, comme l'avait déjà fait Séguin, qu'une lésion de ce lobe ne provoque une hémianopsie que lorsqu'elle intéresse le faisceau visuel de la partie inférieure de la radiation de Gratiolet : voilà l'explication des opinions différentes des auteurs quant au rôle du lobe pariétal inférieur, et du pli courbe en particulier, dans la vision. De même pour les lésions du lobe carré et du lobe temporal ; par elles-mêmes elles ne sauraient provoquer de cécité tant que le faisceau optique demeure intact dans son trajet vers le territoire de la scissure calcarine. Les fibres de ce faisceau forment un faisceau d'environ cinq millimètres d'épaisseur qui, à la hauteur de la première scissure du lobe temporal, ou scissure parallèle, et de la deuxième circonvolution temporale, se dirige en arrière vers le fond de la scissure calcarine, où se trouve l'écorce du *calcar avis*.

D'une manière générale, et quel que soit d'ailleurs le point de l'écorce cérébrale considéré, une lésion peut provoquer des effets tout à fait différents à mesure qu'elle s'avance dans la profondeur de la substance blanche. De là une distinction nécessaire, que Henschen ne perd jamais de vue, entre les cas de lésions corticales (et sous-corticales, à cause de la dégénérescence constante des fibres issues des cellules de l'écorce) et les cas de lésions diffuses de la substance blanche proprement dite. On conçoit, en effet, que ces dernières, lorsqu'elles intéressent les faisceaux d'association et de projection traversant en divers sens la substance blanche de tel lobe ou portion de lobe cérébral, et constituant pour la

plus grande part cette substance, ne sauraient rien prouver quant à la nature fonctionnelle de ce lobe. Les cas strictement sous-corticaux ont au contraire presque la même valeur que les cas corticaux. Or c'est surtout pour le lobe occipital, siège reconnu de la vision mentale, que ces règles de critique s'imposent.

Le centre optique est-il localisé à la face externe ou à la face interne de ce lobe? Les expériences de MUNK et de la plupart des physiologistes ont porté naturellement sur la convexité du lobe occipital; les résultats de ces expériences, si souvent admirables, et qui ont ouvert les voies à l'étude de la vision centrale, restent et demeurent vraies, mais elles doivent être interprétées dans le sens que nous venons d'indiquer. Chez l'homme on ne connaît point de cas de cécité relevant d'une lésion de la convexité du lobe occipital, toujours avec la réserve que ni la radiation optique ni son territoire d'expansion n'aient été lésés en même temps. Au contraire, les lésions de la face interne du lobe occipital produisent l'hémianopsie. Mais quelle partie de la face interne? HENSCHEN l'indique en ces termes: « Une analyse de tous les cas que j'ai pu réunir m'a convaincu qu'une lésion ne provoque l'hémianopsie que si elle détruit l'écorce calcarine ou le faisceau optique qui unit le corps genouillé à cette partie du lobe occipital. Ce faisceau occupe la portion inférieure de la radiation de GRATIOLET. »

Le cas type dont nous parlions, le cas où la lésion provocatrice d'une hémianopsie est strictement limitée à cette écorce de la scissure calcarine, a été décrit et étudié par HENSCHEN. L'examen clinique et anatomo-pathologique de ce cas présente toute la rigueur scientifique qu'on exigera de plus en plus dans l'avenir de ce genre d'investigation. La lésion, demeurée stationnaire durant plusieurs mois, au cours desquels le champ visuel a été examiné plusieurs fois par des observateurs différents, et sur un malade intelligent, non sur un dément, était un ramollissement par thrombose, ramollissement borné exactement à l'écorce cachée dans la profondeur de la scissure calcarine, et n'intéressant pas la substance blanche sous-jacente au delà de un à deux millimètres. Aucune lésion des ganglions centraux ne compliquait ce cas. L'examen microscopique le plus exact ne montra qu'une *dégénération secondaire dans les radiations optiques,* conséquence du ramollissement cortical. Il y a, dans cette observation d'HENSCHEN (1), toutes les garanties scientifiques qui permettent de conclure. Le centre optique est limité à l'écorce de la scissure calcarine.

La structure anatomique de cette écorce, différente de celle du reste

---

(1) Cas de HENSCHEN-NORDENSON. HENSCHEN, *Klin. und anat. Beiträge zur Pathologie des Gehirns,* II, 387. Obs. XL.

du lobe occipital, non seulement par l'épaisseur de la couche moléculaire, mais par le développement des fibres horizontales formant le ruban de Vicq-d'Azyr, particularité qui ne se rencontre nulle part avec plus d'évidence, — cette structure anatomique n'est pourtant pas spéciale au fond de la scissure calcarine : le ruban de Vicq-d'Azyr s'étend aussi à quelques millimètres sur les deux lèvres de la scissure, qui appartiennent, la supérieure au cunéus, l'inférieure au lobe lingual. Il semble donc bien qu'on pourrait soutenir, comme l'a fait Vialet, que, de cette identité de structure de la portion des deux circonvolutions de la face interne du lobe occipital qui bordent la scissure calcarine, doit résulter une identité de fonctions. Le cas de Hun montre, en effet, qu'une atrophie de la lèvre supérieure de la scissure calcarine produit une hémianopsie dans le quart inférieur du champ visuel des deux côtés. Un cas de Wilbrand montre que la lèvre inférieure correspond au champ visuel supérieur. Il existerait donc, semble-t-il, une projection de la rétine sur l'écorce du lobe occipital, comme le soutient Munk ; on connaît l'opinion contraire de von Monakow. Henschen le croit ; aussi voudrait-il qu'on donnât le nom de « rétine calcarine » à la partie de l'écorce de la scissure de ce nom où a lieu, suivant lui, la projection des éléments de la rétine périphérique par l'intermédiaire des fibres visuelles des nerfs optiques, du chiasma, du tractus et des radiations optiques. Dans ses *Beiträge zur Pathologie des Gehirns*, Henschen a étudié la position relative des différents faisceaux constituant la voie nerveuse des fibres visuelles, faisceaux maculaires, faisceaux directs, faisceaux croisés. Or il est bien remarquable que la position du faisceau maculaire, de latérale qu'elle était dans la papille du nerf optique, reste centrale dans le chiasma et le tractus (1). Mais cet ordre peut-il être conservé au sortir du corps genouillé externe (2) ? C'est ici que les objections de von Monakow nous ont paru très fortes, au point de vue anatomique. Mais, physiologiquement, Vialet croyait possible la théorie de la projection. « Sans doute, disait-il, la projection des impressions visuelles peut se diffuser dans les centres ganglionnaires, et l'excitation d'une fibre du nerf optique peut mettre en jeu différentes cellules du corps genouillé externe, ainsi que

---

(1) Cf. A. Pick. *Ueber die topographischen Beziehungen zwischen Retina, Opticus, und gekreuztem Tractus beim Kaninchen.* Neurol. Centralbl., 1894, 734.

(2) Henschen (Upsala). *Ueber Localisation innerhalb des äusseren Kniehöckers.* Intern. med. Congr. zu Moskau, 1897. — Neurol. Centralbl., 1897, 923-4.

La moitié supérieure de la *rétine* est en rapport anatomique et fonctionnel avec la partie supérieure du *corps genouillé externe :* et cela des deux côtés. Si une partie du corps gen. ext. est détruite, aucune autre ne peut la suppléer.

plusieurs groupes de fibres visuelles cérébrales correspondantes, mais, d'autre part, rien ne prouve qu'il ne puisse s'établir des *voies physiologiques* passant par le plus court chemin, et qu'une cellule ganglionnaire de la rétine n'entre pas toujours en relation, soit avec le même élément cellulaire cortical, soit avec le même groupe d'éléments cellulaires corticaux, par suite de la répétition incessante des impressions transmises » (1). Il y a donc quelque apparence que la rétine périphérique se projette sur l'écorce cérébrale de la scissure calcarine et que l'on peut parler, avec Henschen, de rétine corticale, où sont perçues en un même point, et non séparément, les impressions de lumière et de couleurs, qu'il existe ou non des cellules ou des couches de cellules affectées dans l'écorce à ces perceptions. Les deux faisceaux, croisés et directs, sont également représentés dans l'écorce de la scissure calcarine, où leurs éléments sont probablement juxtaposés, non dans des territoires différents, au moins chez l'homme. Les parties centrale et périphérique de la « rétine corticale », correspondant aux régions de même nom de la rétine du globe oculaire, seraient situées, d'après Henschen, dans les parties antérieure et postérieure de l'écorce de la scissure calcarine. Nous étudierons pourtant, avec Sachs, un cas qui ne peut s'accorder avec cette localisation fonctionnelle, peut-être un peu étroite, du point d'irradiation de la *macula lutea* dans l'écorce du cerveau antérieur.

Nous venons de rappeler les rapports qui existeraient entre les parties supérieure et inférieure du champ visuel et les lèvres de la scissure calcarine. Avec Wilbrand, Henschen admet que chaque moitié des deux *maculæ luteæ* est en connexion avec les deux hémisphères cérébraux, et, partant, que les fibres maculaires subissent, elles aussi, une décussation partielle dans le chiasma, et se divisent en faisceau direct et en faisceau croisé, division qui souffre d'ailleurs des variations individuelles, analogues à celles qu'ont rencontrées, nous le répétons, Flechsig et Pitres dans la proportion du nombre des fibres constituant les faisceaux pyramidaux direct et croisé.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique uniquement à la « rétine cérébrale », non à la sphère visuelle. Par cette dernière expression il faut entendre toute la région, beaucoup plus étendue, qui sert de substratum anatomique à la vision mentale. Ainsi, quoiqu'il n'existe pas une seule preuve d'une extension de la projection des fibres visuelles à la convexité du lobe occipital ou du pli courbe, et que jamais une lésion de ces parties ne provoque par elle-même la cécité, il est très probable que ces

---

(1) Vialet. *Les centres cérébraux de la vision et l'appareil nerveux intra-cérébral*, 342.

mêmes régions possèdent des fonctions en rapport avec la vision. Les divers territoires de l'appareil central de la vision auraient donc des fonctions très différentes. Tandis que le territoire de *projection* des impressions visuelles est limité, celui des représentations visuelles serait très vaste. « La surface calcarine, écrit HENSCHEN, reçoit probablement les impressions visuelles de la même manière que la rétine. Les impressions viennent et s'en vont pour être conservées dans un autre endroit. » Bref, les territoires de perception et de représentation, loin de coïncider, occuperaient, selon ce savant, des régions distinctes et fort éloignées sur les lobes occipital et pariétal. Cela est possible : VIALET distingue aussi « un centre visuel de perception » et « un centre visuel de souvenirs », dont il explique les rapports au moyen de faisceaux d'association. DEJERINE localise dans le pli courbe le « centre visuel des mots ».

Notons toutefois que ces auteurs, les deux premiers surtout, n'ont en réalité établi qu'un seul point de fait : la détermination, sur la face interne du lobe occipital, d'un centre de perception des impressions visuelles. Que ce centre soit plus ou moins étendu, suivant les auteurs, peu importe. Ils ont indiqué, après von MONAKOW, les conditions de l'hémianopsie corticale : ils n'ont rien démontré de plus. Lorsque, du domaine de l'hémianopsie, ils s'élèvent à celui de la cécité psychique, ils n'apportent plus de preuves décisives, mais de simples interprétations de phénomènes.

Est-il donc si difficile de se résigner à ignorer, à veiller en attendant que le jour se lève et que l'aube blanchisse? Si l'homme vulgaire est incapable de faire le départ de ce qui est certain, vraisemblable ou faux, n'est-ce pas le propre de l'esprit scientifique, tout en multipliant sans fin les hypothèses, ces coups de sonde dans l'inconnu, d'avoir l'obscure vision et comme un vague sentiment de ce qui est ou non en accord avec les grandes lignes de la synthèse toujours flottante de nos connaissances? Or, avant l'hypothèse des centres d'association, rien ne répugnait plus que d'admettre, sans la moindre preuve, l'existence, dans l'écorce cérébrale, de cellules distinctes de perception et de représentation. La cellule nerveuse qui perçoit demeure, en tout cas, l'un des éléments constituants de la représentation, celle-ci n'étant pas une chose, un être, un objet à trois dimensions, mais un rapport. Je n'insisterai pas ici davantage; le problème sera étudié plus loin avec les faits et les développements qu'il comporte.

En somme, si l'on fait abstraction des cellules visuelles et bipolaires de la rétine et des cellules de l'écorce cérébrale, la voie optique, le trajet des fibres visuelles proprement dites, est essentiellement constitué par deux neurones : 1° un *neurone antérieur*, formé des grandes cellules gan-

glionnaires de la rétine et de leurs prolongements, éléments des faisceaux du nerf optique, du chiasma, du tractus optique, et dont les ramifications terminales des cylindraxes s'arborisent dans les ramures protoplasmiques des cellules du corps genouillé externe; 2° un *neurone postérieur*, formé des cellules du corps genouillé externe et de leurs prolongements, qui, comme fibres de la portion inférieure des radiations optiques, s'arborisent au milieu des différentes couches de cellules nerveuses de l'écorce du fond et des lèvres de la scissure calcarine.

Mouvements réflexes et volontaires des yeux. — Voici d'abord, avec le résultat des expériences de Munk, expériences qui ont ici une très grande portée, un bref résumé de la question des mouvements réflexes et volontaires des yeux. Le travail de l'éminent physiologiste de Berlin et le compte rendu des expériences instituées avec le concours d'Obregia, de Bucharest, ont paru en 1890. Mais il est à la fois équitable et instructif de signaler quelques expériences qui, un ou deux ans auparavant, avaient déjà jeté une vive lumière sur ce problème capital de la physiologie du cerveau. Nous ne parlons pas ici de la production des mouvements des yeux déterminés par l'excitation de l'écorce cérébrale sur d'autres régions que celles du lobe occipital. Fritsch et Hitzig, les premiers, délimitèrent sur un point de l'écorce cérébrale du chien, qui coïncide avec une partie du centre du facial, le centre des muscles oculaires (fig. 1). David Ferrier indiqua plus tard d'autres centres dont l'excitation provoque des mouvements des yeux. Luciani et Tamburini obtinrent des résultats semblables en électrisant la deuxième circonvolution primitive ou externe du chien. Bechterew a vu l'excitation de cette circonvolution, entre le bord postérieur du gyrus sigmoïde et la pointe du lobe occipital, produire une déviation conjuguée des yeux du côté opposé, une légère occlusion des paupières, un rétrécissement des pupilles. Mais c'est Schäfer qui institua les premières expériences systématiques à ce sujet sur la sphère visuelle du lobe occipital du singe, et vit se produire des mouvements associés des yeux du côté opposé à l'excitation par des courants d'induction (1).

Après l'excitation de la zone supérieure du lobe occipital, les yeux se dirigeaient en bas, en haut après l'excitation de la zone inférieure. Dans les deux cas, remarque capitale, surtout lorsqu'il s'agit du singe, le phénomène est plus intense si les électrodes sont placées à la *face interne* du lobe occipital. L'excitation de la zone intermédiaire détermine des mouvements latéraux. Laissons de côté l'interprétation de la nature de ces mouvements.

---

(1) Schäfer. *Experiments on the electrical excitation of the visual area of the cerebral cortex in the Monkey*. Brain, avril 1888.

qui semblent être la suite ou l'accompagnement de sensations subjectives de la vue provoquées par l'excitation, de sorte que les mouvements suivraient la direction de la projection de ces sensations au dehors (1). Ces expériences prouvaient qu'il existe un rapport déterminé entre les centres cérébraux de la vision et les rétines. On peut le formuler ainsi : 1° tout le centre visuel d'un hémisphère est en relation avec les deux moitiés homonymes des deux rétines ; 2° la zone supérieure du centre visuel d'un hémisphère est en rapport avec la portion supérieure des moitiés homonymes des deux rétines, la zone inférieure avec la portion inférieure, la zone intermédiaire avec la partie intermédiaire. SCHÄFER a noté en outre les mouvements concomitants de la *paupière* supérieure et les modifications des *pupilles*. La même année, il constata qu'après l'ablation successive des deux lobes frontaux en avant de la scissure de SYLVIUS et la section du corps calleux, l'excitation électrique du lobe occipital produisait encore des mouvements associés des yeux (fig. 22). Il résultait de ces nouvelles expériences que ce n'est pas en éveillant directement l'activité de l'écorce des régions antérieures du cerveau que l'excitation du lobe occipital détermine les mouvements des yeux, et que le centre de ces mouvements doit être cherché dans une région sous-corticale, très vraisemblablement dans la substance grise des tubercules quadrijumeaux antérieurs.

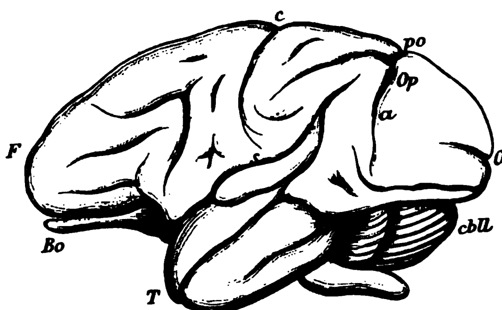


FIG. 22. — Cerveau de cercopithèque. Vue latérale. Grandeur naturelle. — *a*, scissure du singe. *Bo*, bulbe olfactif. *c*, scissure centrale. *cbll*, cervelet. *Op*, opercule occipital, *po*, scissure pariéto-occipitale. *s*, scissure de SYLVIUS. *F*, pôle frontal. *O*, pôle occipital. *T*, pôle temporal.

UNVERRICHT, en étudiant les rapports des régions postérieures de l'écorce avec l'attaque d'épilepsie, signala aussi la déviation conjuguée des yeux après l'excitation de la sphère visuelle de MUNK (1888). DANILLO détermina chez de jeunes chiens et chats, au cinquième mois, le même phénomène moteur en excitant l'écorce du lobe occipital (1888). Jusqu'au troisième mois, même avec des courants d'induction de longue durée, pas de réaction oculo-motrice. Si l'on excite la substance blanche de ce lobe après ablation de l'écorce ou introduction d'électrodes jusqu'à un centimètre de profondeur : au premier mois, pas de mouvements ; au deuxième mois, déviation des yeux. Or, que l'on enlève l'écorce de la région motrice antérieure du cerveau ou que l'on pratique des coupes soit verticales, séparant les régions antérieures des régions postérieures du cerveau, soit horizontales, les mouvements des yeux déterminés par l'excitation du lobe occipital persistent les mêmes. D'autre part, l'excitation de la substance blanche de la zone motrice ne provoquerait alors aucun mouvement des yeux. DANILLO avait tiré de ces faits les conclusions suivantes : 1° les lobes occipitaux ne renferment pas de centres analogues à ceux de la zone motrice ; 2° l'hypothèse de FERRIER est insoutenable, d'après laquelle les mouvements des yeux seraient dus à des sensations optiques subjectives provoquées par l'excitation du lobe occipital, puisque l'excitation de la substance blanche provoque les mêmes mouvements, soit après l'ablation de la substance grise, soit à une époque de la vie où l'écorce est encore inexcitable ; 3° les

---

(1) Cette interprétation de SCHÄFER, qui revient à celle de D. FERRIER, a été repoussée par LUCIANI et TAMBURINI, BECHTEREW, DANILLO, etc.

glionnaires de la rétine et de leurs prolongements, éléments des faisceaux du nerf optique, du chiasma, du tractus optique, et dont les ramifications terminales des cylindraxes s'arborisent dans les ramures protoplasmiques des cellules du corps genouillé externe; 2° un *neurone postérieur*, formé des cellules du corps genouillé externe et de leurs prolongements, qui, comme fibres de la portion inférieure des radiations optiques, s'arborisent au milieu des différentes couches de cellules nerveuses de l'écorce du fond et des lèvres de la scissure calcarine.

Mouvements réflexes et volontaires des yeux. — Voici d'abord, avec le résultat des expériences de Munk, expériences qui ont ici une très grande portée, un bref résumé de la question des mouvements réflexes et volontaires des yeux. Le travail de l'éminent physiologiste de Berlin et le compte rendu des expériences instituées avec le concours d'Obregia, de Bucharest, ont paru en 1890. Mais il est à la fois équitable et instructif de signaler quelques expériences qui, un ou deux ans auparavant, avaient déjà jeté une vive lumière sur ce problème capital de la physiologie du cerveau. Nous ne parlons pas ici de la production des mouvements des yeux déterminés par l'excitation de l'écorce cérébrale sur d'autres régions que celles du lobe occipital. Fritsch et Hitzig, les premiers, délimitèrent sur un point de l'écorce cérébrale du chien, qui coïncide avec une partie du centre du facial, le centre des muscles oculaires (fig. 1). David Ferrier indiqua plus tard d'autres centres dont l'excitation provoque des mouvements des yeux. Luciani et Tamburini obtinrent des résultats semblables en électrisant la deuxième circonvolution primitive ou externe du chien. Bechterew a vu l'excitation de cette circonvolution, entre le bord postérieur du gyrus sigmoïde et la pointe du lobe occipital, produire une déviation conjuguée des yeux du côté opposé, une légère occlusion des paupières, un rétrécissement des pupilles. Mais c'est Schäfer qui institua les premières expériences systématiques à ce sujet sur la sphère visuelle du lobe occipital du singe, et vit se produire des mouvements associés des yeux du côté opposé à l'excitation par des courants d'induction (1).

Après l'excitation de la zone supérieure du lobe occipital, les yeux se dirigeaient en bas, en haut après l'excitation de la zone inférieure. Dans les deux cas, remarque capitale, surtout lorsqu'il s'agit du singe, le phénomène est plus intense si les électrodes sont placées à la *face interne* du lobe occipital. L'excitation de la zone intermédiaire détermine des mouvements latéraux. Laissons de côté l'interprétation de la nature de ces mouvements.

---

(1) Schäfer. *Experiments on the electrical excitation of the visual area of the cerebral cortex in the Monkey*. Brain, avril 1888.

qui semblent être la suite ou l'accompagnement de sentations subjectives de la vue provoquées par l'excitation, de sorte que les mouvements suivraient la direction de la projection de ces sensations au dehors (1). Ces expériences prouvaient qu'il existe un rapport déterminé entre les centres cérébraux de la vision et les rétines. On peut le formuler ainsi : 1° tout le centre visuel d'un hémisphère est en relation avec les deux moitiés homonymes des deux rétines; 2° la zone supérieure du centre visuel d'un hémisphère est en rapport avec la portion supérieure des moitiés homonymes des deux rétines, la zone inférieure avec la portion inférieure, la zone intermédiaire avec la partie intermédiaire. Schäfer a noté en outre les mouvements concomitants de la *paupière* supérieure et les modifications des *pupilles*. La même année, il constata qu'après l'ablation successive des deux lobes frontaux en avant de la scissure de Sylvius et la section du corps calleux, l'excitation électrique du lobe occipital produisait encore des mouvements associés des yeux (fig. 22). Il résultait de ces nouvelles expériences que ce n'est pas en éveillant directement l'activité de l'écorce des régions antérieures du cerveau que l'excitation du lobe occipital détermine les mouvements des yeux, et que le centre de ces mouvements doit être cherché dans une région sous-corticale, très vraisemblablement dans la substance grise des tubercules quadrijumeaux antérieurs.

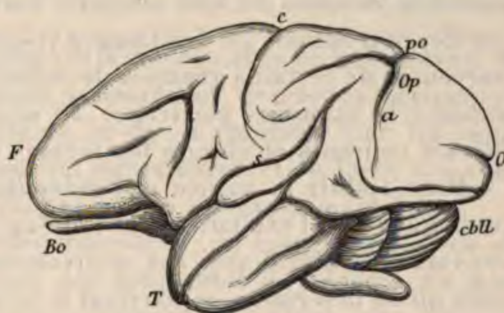


Fig. 22. — Cerveau de cercopithèque. Vue latérale. Grandeur naturelle. — *a*, scissure du singe. *Bo*, bulbe olfactif. *c*, scissure centrale. *cbll*, cervelet. *Op*, opercule occipital, *po*, scissure pariéto-occipitale. *s*, scissure de Sylvius. *F*, pôle frontal. *O*, pôle occipital. *T*, pôle temporal.

Unverricht, en étudiant les rapports des régions postérieures de l'écorce avec l'attaque d'épilepsie, signala aussi la déviation conjuguée des yeux après l'excitation de la sphère visuelle de Munk (1888). Danillo détermina chez de jeunes chiens et chats, au cinquième mois, le même phénomène moteur en excitant l'écorce du lobe occipital (1888). Jusqu'au troisième mois, même avec des courants d'induction de longue durée, pas de réaction oculo-motrice. Si l'on excite la substance blanche de ce lobe après ablation de l'écorce ou introduction d'électrodes jusqu'à un centimètre de profondeur : au premier mois, pas de mouvements; au deuxième mois, déviation des yeux. Or, que l'on enlève l'écorce de la région motrice antérieure du cerveau ou que l'on pratique des coupes soit verticales, séparant les régions antérieures des régions postérieures du cerveau, soit horizontales, les mouvements des yeux déterminés par l'excitation du lobe occipital persistent les mêmes. D'autre part, l'excitation de la substance blanche de la zone motrice ne provoquerait alors aucun mouvement des yeux. Danillo avait tiré de ces faits les conclusions suivantes : 1° les lobes occipitaux ne renferment pas de centres analogues à ceux de la zone motrice; 2° l'hypothèse de Ferrier est insoutenable, d'après laquelle les mouvements des yeux seraient dus à des sensations optiques subjectives provoquées par l'excitation du lobe occipital, puisque l'excitation de la substance blanche provoque les mêmes mouvements, soit après l'ablation de la substance grise, soit à une époque de la vie où l'écorce est encore inexcitable; 3° les

(1) Cette interprétation de Schäfer, qui revient à celle de D. Ferrier, a été repoussée par Luciani et Tamburini, Bechterew, Danillo, etc.

phénomènes observés après les sections verticales et horizontales du cerveau, ou après l'extirpation de la zone motrice, impliquent que les centres de la déviation conjuguée des yeux ne siègent ni dans la région motrice de l'écorce ni dans le lobe occipital : il faut les chercher plus bas.

Cependant je ne vois pas pourquoi les mouvements des yeux, observés consécutivement à l'excitation du lobe occipital, ne résulteraient pas, à l'état physiologique, de sensations optiques subjectives, parce que, après l'ablation totale de l'écorce de ce lobe, siège des sensations et des images optiques, les mouvements se produisent encore si la substance blanche est seule excitée. N'en est-il pas ainsi des territoires moteurs de l'écorce ? Tous les mécanismes de la machine cérébrale sont préformés et strictement adaptés à leurs fonctions. Danillo a simplement prouvé que les conducteurs moteurs du lobe occipital entrent en activité sans y être incités par des perceptions ou des images visuelles, c'est-à-dire par des décharges nerveuses de certains groupes de cellules du lobe occipital. Mais, en substituant le stimulus électrique au stimulus nerveux, il a déterminé les mêmes courants et obtenu les mêmes résultats (1).

Pour établir la nature et l'indépendance des mouvements des yeux provoqués par l'excitation du lobe occipital, Munk et Obregia durent se convaincre d'abord que ces mouvements n'avaient rien de commun avec ceux qu'on détermine en excitant le territoire cortical situé en avant de la sphère visuelle, et reconnu depuis longtemps, par Fritsch et Hitzig, comme centre des muscles des yeux, que Munk a dénommé *région de l'œil (Augenregion F)*. Ainsi, l'excitation électrique de cette région sur un chien auquel on avait extirpé presque entièrement, cinq mois auparavant, les deux sphères visuelles, provoqua les mouvements ordinaires : or, les sphères visuelles n'avaient certainement aucune part à ces réactions motrices puisqu'elles avaient été enlevées. L'isolation des sphères visuelles, au moyen de coupes : 1° du reste du manteau (et par conséquent des régions

---

(1) Je n'insisterai pas sur la critique que Bechterew a faite des conclusions de Danillo ; je ne la crois pas démonstrative. Rosenbach a vu, comme Danillo, qu'après la destruction complète de la région motrice du cerveau, la déviation des yeux provoquée par l'excitation de la sphère visuelle de Munk persiste toujours.

Les expériences de Munk ont été indépendantes des travaux que nous venons d'énumérer. Aussi bien ont-elles été faites simultanément, en 1888 et 1889, dans le Laboratoire de physiologie de l'École vétérinaire de Berlin, puisque Munk lut son mémoire dans la séance du 16 janvier 1890 de l'Académie des sciences de cette ville. Des procédés opératoires et de la technique des vivisections, relatés spécialement par Obregia (*), nous ne mentionnerons ici que cette circonstance : les expériences ont toujours été faites sur des chiens non narcotisés.

(*) Alex. Obregia. *Ueber Augenbewegungen auf Sehsphaerenreizung*. Arch. f. Anat. u. Physiol., 1890.

F et H de l'écorce (fig. 17-20), dont l'excitation détermine des mouvements des yeux); 2° du corps calleux, sectionné à la partie postérieure, ne changèrent rien aux résultats de l'excitation du lobe occipital; la section de la commissure du corps calleux prouva nettement que chaque sphère visuelle est capable, isolément, de provoquer des mouvements des yeux. Mais, après une coupe horizontale sectionnant les fibres de la couronne rayonnante des sphères visuelles, l'excitation de ces centres demeura sans effet, quelle que fût l'intensité du courant. La même expérience fut toujours suivie du même résultat. Ainsi non seulement les fonctions oculo-motrices du lobe occipital sont indépendantes, puisqu'elles persistent après l'isolement de ce lobe : elles sont en rapport avec les ganglions de la base du cerveau, puisque la section des radiations optiques de Gratiolet abolit les mouvements en réponse à l'excitation des mêmes régions du lobe occipital.

Comment concilier ces nouvelles expériences avec ce qu'on avait su jusqu'alors des fonctions purement sensorielles des lobes occipitaux, considérés comme organes centraux de la vision mentale? Car les *mouvements des yeux,* et aussi des *paupières* supérieures et de l'*iris,* qui sont des plus considérables, avaient échappé à tous les expérimentateurs.

Munk s'est félicité, en profond connaisseur du cœur humain, de ce long retard dans notre connaissance des propriétés de l'écorce du lobe occipital. Si, à l'origine, on n'avait nettement distingué dans l'écorce cérébrale un territoire antérieur moteur et un territoire postérieur non moteur, la découverte de Fritsch et Hitzig n'aurait convaincu personne. Il est certain qu'aujourd'hui encore nombre de gens parviennent difficilement à comprendre comment les centres prétendus moteurs du cerveau ne sont en réalité que des centres sensitifs. Il y a quelque vingt-cinq ans, si l'on avait su que l'excitation du *lobe occipital,* comme celle du *lobe temporal,* régions sensorielles, détermine des mouvements des muscles de l'œil ou de l'oreille, de même que l'excitation des circonvolutions rolandiques provoque des contractions musculaires des extrémités et de la face, beaucoup auraient demandé, et avec toute apparence de raison, à l'aide de quel critérium on prétendait établir la doctrine de l'hétérogénéité fonctionnelle de l'écorce cérébrale.

Selon Munk, les mouvements des yeux que provoque l'excitation des sphères visuelles résultent de sensations visuelles; ils n'ont rien à faire avec d'autres mouvements des yeux qui persistent chez l'animal aveugle, par exemple après l'ablation des deux centres corticaux de le vision.

Munk distingue donc : 1° des *réflexes rétiniens,* en vertu desquels, sous l'incidence d'un rayon lumineux, la pupille se rétrécit, et cela alors même que le cerveau a été enlevé

et que les centres sous-corticaux de la vision persistent seuls : ces réflexes n'impliquent pas l'existence d'une sensation lumineuse ; 2° des *réflexes visuels*, innés d'ailleurs comme les précédents, et qui, sans que l'attention ni la pensée interviennent, font cligner l'œil, par exemple, à l'approche subite d'une main, détournent un animal d'un obstacle placé sur son chemin, déterminent ces mouvements involontaires qui sont nécessaires à la fixation d'un objet aperçu d'abord indistinctement. Ces réflexes, d'ordre tout à fait inférieur, ne supposent encore aucune représentation mentale de la vision, et les mouvements qu'ils déterminent n'ont lieu qu'à l'occasion de sensations ou de perceptions de la vue ; 3° des *réflexes acquis* de la vision, tels que la fuite de l'animal devant le fouet, résultant bien de représentations mentales de la vision, et d'autres représentations encore, associées à celle-ci, de l'attention et de la réflexion. Ce sont naturellement des réflexes de la deuxième catégorie que provoque l'excitation du lobe occipital. « Nous savons aujourd'hui, écrit MUNK, que la *couronne rayonnante des sphères visuelles*, outre les fibres des nerfs optiques, dont l'excitation, allant, dans une direction centripète, à la sphère visuelle, détermine la vision, contient d'autres fibres encore, cheminant dans les mêmes radiations, dont l'excitation, partie de la sphère visuelle, et allant dans une direction centrifuge aux régions inférieures, sous-corticales, du cerveau, détermine des mouvements ; que des mouvements simples des *yeux* (et aussi des mouvements des *paupières*, etc.), résultant de la vision, ont lieu par cette voie, tandis que tous les autres mouvements qui sont les conséquences de la vue ont besoin pour se manifester de l'intermédiaire de faisceaux d'association et d'autres territoires de l'écorce. » Une seule explication est donc possible : les mouvements des yeux dont il s'agit résultent uniquement de la transmission, par les fibres à direction centrifuge de la couronne rayonnante du lobe occipital, de l'excitation de ce lobe à certains centres sous-corticaux (1). Il s'agit, suivant v. MONAKOW (MUNK ne précise pas autrement), des tubercules quadrijumeaux antérieurs.

Les *lobes frontaux* contiennent, chez le singe, une série de centres moteurs en rapport manifeste avec les *mouvements des yeux* (2). Dans la partie postérieure du lobe frontal, au niveau de la F_2, une excitation de l'écorce provoque toujours, avec de faibles courants, un mouvement latéral de la *tête* et des *yeux* ; l'excitation de l'écorce en dedans de ces centres détermine surtout un mouvement latéral de la *tête* ; à l'extérieur, d'abord un mouvement latéral des *yeux*, ensuite de la *tête*. D'autres mouvements peuvent résulter de l'excitation de ces mêmes centres par des courants plus intenses : mouvements des oreilles, élévation des sourcils (facial supérieur), dilatation des pupilles et ouverture des paupières (sympathique), mouvements de la respiration (arrêt ou accélération). Les centres de ce territoire cortical occupent une situation très nettement délimitée. En dedans de ce territoire, à proximité de la *fissura longitudinalis cerebri*,

---

(1) Cf. C. S. SHERRINGTON. *Experimental Note on two movements of the eye*. Journ. of Physiology, 1894.

(2) W. v. BECHTEREW. *Die Resultate der Untersuchungen mit Reizung von hinteren Partieen der Hirnhemisphären und des Frontallappens bei Affen*. Wiss. Versamml. d. Aerzte d. St. Petersb. Klinik f. Nerv. u. Geisteskr. Sitz. v. 22 oct. 1897. Neurol. Centralbl., 720.

immédiatement en avant de l'extrémité supérieure de FA, sur le lobe frontal, existent aussi des centres de mouvements de la cuisse, de la queue et du tronc, quoique les auteurs situent d'ordinaire ces centres sur la face interne du lobe frontal.

Schäfer, et, après lui, Obregia, avaient confirmé les recherches de Munk sur la correspondance de certaines parties de la rétine avec les régions nettement déterminées des sphères visuelles de l'écorce des lobes occipitaux : des mouvements associés des yeux se produisaient dans un rapport constant avec le point excité de ces sphères. D'après de nouvelles expériences de Bechterew, instituées sur des singes, les mouvements de l'œil ne sont pas seulement en relation avec le *lobe occipital,* mais avec le *lobe pariétal.* Trois centres moteurs de l'œil existent dans le lobe occipital : l'excitation des *parties antérieures* du lobe occipital provoque un mouvement des yeux *en bas* et du côté opposé à l'hémisphère excité ; l'excitation des *parties moyennes* produit des mouvements *latéraux* des yeux ; l'excitation des *parties postérieures*, un mouvement des yeux *en haut* et du côté opposé au point excité. En outre, l'excitation de la partie moyenne des sphères visuelles peut être suivie d'une contraction pupillaire, celle d'un point situé en dedans de cette dernière région corticale, d'une dilatation pupillaire. L'excitation de la convexité du *lobe pariétal* tout à proximité du lobe occipital peut aussi avoir pour effet un mouvement des yeux du côté opposé et en haut : la stimulation d'autres points du lobe pariétal provoque un mouvement des yeux latéral et en bas. Il y a enfin dans le lobe pariétal des centres d'innervation pupillaire, les uns de nature dilatatrice, les autres de nature constrictive (1).

---

(1) A. W. Gerwer, dont les expériences sur les centres cérébraux des mouvements associés des yeux ont été instituées sur des chiens (*), distingue deux régions présidant à cette fonction, l'une dans le *lobe frontal*, en avant du *sulcus cruciatus*, immédiatement derrière le *sulcus praecruciatus*. à un centimètre de la *fissura cerebri magna* ; l'autre, dans le *lobe occipital*, coïncidant avec la sphère visuelle de Munk, et aussi dans le *lobe pariétal (gyrus angularis)*. L'excitation faradique de ces régions est suivie de mouvements latéraux des deux yeux du côté opposé au point excité ; les mouvements des yeux en haut et en bas n'ont été obtenus que dans deux cas. Gerwer croit que les noyaux du *n. abducens* sont plus excitables que ceux du *n. oculomotorius* et du *n. trochlearis*. Si l'on fait passer une section du cerveau le long du *sulcus cruciatus*, l'excitation du lobe occipital ne provoque plus de mouvements des yeux. L'ablation du centre frontal considéré est suivie de troubles dans les mouvements des yeux qui ne se produisent pas après la destruction du lobe occipital. Gerwer estime donc, avec David Ferrier, que les mouvements des yeux consécutifs à l'excitation du lobe occipital dépendent des images visuelles évoquées dans le cerveau de l'animal, si bien que, sous l'influence de ces images, il meut ses yeux dans la direction d'où lui semblent venir ses perceptions. La sphère visuelle du lobe occipital doit donc être en connexion avec le centre frontal considéré au moyen de fibres d'as-

(*) *Ueber die Gehirncentra der associirten Augenbewegungen.* Ibid., 716-7.

Toutes les fibres nerveuses de la radiation optique de Gratiolet qui se terminent dans la sphère visuelle servent-elles à la conduction des impressions rétiniennes ? Flechsig a calculé que ces fibres sont au moins cinq fois aussi nombreuses que celles qui entrent dans la constitution du nerf optique. Le même savant signale l'existence d'un faisceau de fibres, en grande partie centrifuges, qui, de la sphère visuelle, s'arborisent dans la *couche optique* (fibres cortico-thalamiques) et, par l'intermédiaire de celle-ci, réagissent sur les noyaux moteurs des muscles des *globes oculaires* et de la *tête*. Ce faisceau moteur de la sphère visuelle serait donc, contrairement à celui des sphères tactiles, relié indirectement, par la couche optique, aux neurones moteurs des muscles périphériques. En effet, après la destruction de la sphère visuelle, ces muscles ne sont pas frappés de paralysie. D'autre part, les mouvements des yeux provoqués par l'excitation de la sphère visuelle (Schäfer, Munk) impliquent que cette aire est en connexion, très probablement indirecte, avec les noyaux d'origine des nerfs moteurs oculaires.

Dans ses expériences sur les mouvements en réponse à l'excitation électrique des sphères visuelles chez les oiseaux et les mammifères, ou du *tectum mesencephali* des poissons et des batraciens, qui est une formation « analogue » à la sphère visuelle des mammifères (1), Steiner put confirmer, chez les vertébrés inférieurs, la réalité des faits observés par Schäfer et Munk sur le singe et le chien. Au cours de ses expériences, instituées et exécutées avec cette élégance et cette rare pénétration que l'on admire chez ce physiologiste, il résolut maints problèmes toujours pendants. Ainsi, chez le pigeon, l'excitation, avec des courants induits, des régions postérieures du cerveau, fut suivie de mouvements des yeux et de la tête, résultant bien de la stimulation de l'écorce, et non de celle des ganglions sous-corticaux. Contrairement aussi à l'opinion d'après laquelle les nerfs optiques sont chez cet oiseau totalement entrecroisés, Steiner témoigne, d'accord avec Munk, qu'il ne lui est jamais arrivé de produire un mouvement *unilatéral* de l'œil : les mouvements des yeux provoqués par l'excitation d'un hémisphère ont toujours été bilatéraux et sous forme de mouvements associés; il suit qu' « un hémisphère du cerveau agit sur les deux yeux ». Il a noté trois mouvements de réponse différents aux stimulations de l'écorce, mais sans pouvoir toute-

---

sociation. On s'expliquerait ainsi que les mouvements des yeux n'aient plus lieu lorsqu'on excite le lobe occipital après la section pratiquée en avant du *sulcus cruciatus*, dans l'hypothèse où, comme le croit l'auteur russe, le lobe frontal ne possède que des fonctions motrices. Au cours des expériences de Bechterew, Gerwer a pu se convaincre qu'on obtenait sur le singe des résultats analogues.

(1) Steiner. *Die Functionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese*, 1888.

fois localiser avec exactitude les parties correspondantes du manteau. Toujours l'excitation d'un hémisphère déterminait un rétrécissement énergique de la *pupille* de l'œil opposé, une dilatation de celle de l'œil correspondant, chez le pigeon. Au début de l'excitation, il y a occlusion complète, et toujours bilatérale, des *paupières*; celles-ci s'ouvrent ensuite, ce qui permet d'observer l'état des pupilles et des globes oculaires. L'excitation de l'écorce cérébrale du pigeon a fait connaître, *cæteris paribus*, dans le domaine des yeux, les mêmes *phénomènes moteurs* que chez le singe et le chien. Pour Steiner aussi, ces mouvements des yeux sont, chez les oiseaux comme chez les mammifères, *l'effet de la vision* : ils suivent l'excursion du regard. Le mouvement d'accompagnement de la tête ne s'obtient que par l'excitation du point de l'écorce qui provoque les mouvements des yeux. Ces deux mouvements sont d'ordre différent chez les oiseaux : on détermine le mouvement de la tête avec un courant d'intensité bien inférieur à celui qu'exige la production des mouvements des yeux; mais le premier est bien « la conséquence immédiate des *impressions de la vue*, non d'une excitation propagée à distance de la sphère motrice de l'écorce cérébrale de cet oiseau » (1).

Chez les mammifères, et d'abord chez le lapin, Steiner a obtenu, en excitant la région postérieure du cerveau correspondant à la sphère visuelle, des mouvements associés des yeux et un mouvement de la tête du côté opposé exactement comme chez le pigeon, ainsi que des mouvements des paupières et des pupilles. Chez le lapin, toutefois, les mouvements des yeux et de la tête ont toujours lieu en même temps avec un courant de même intensité. Dans ces expériences sur les mammifères, Steiner n'a eu garde d'oublier de provoquer des mouvements des yeux et de la tête en excitant aussi la région antérieure ou motrice du cortex : il a même observé que celle-ci est plus excitable que la sphère visuelle et qu'elle réagit encore par des mouvements des yeux et de la tête, quand ce dernier centre ne réagit plus. Il en résulte manifestement que les phénomènes moteurs de la sphère visuelle ne sont pas attribuables à la diffusion du courant électrique d'arrière en avant : dans cette supposition, en effet, la sphère visuelle devrait pouvoir réagir aussi longtemps que la région motrice du cerveau. En général, « la sphère visuelle est, dit Steiner, plus délicate (*delikater*), c'est-à-dire plus facilement épuisable, que la zone motrice ». Ce savant s'est assuré, après Munk, que les mouvements des yeux, provoqués par l'excitation de la sphère visuelle, ne s'effectuaient pas au moyen de faisceaux d'association reliant cette sphère

---

(1) Steiner. *Sinnessphären und Bewegungen*. Pflüger's Arch., 1891, L, 603 sq.

sensorielle à la zone motrice : une coupe perpendiculaire de l'écorce menée entre ces deux territoires cérébraux n'a pas empêché la production des mouvements des yeux consécutifs à la stimulation de la sphère visuelle. Enfin, le mouvement caractéristique des yeux et de la tête existe aussi, chez le chien, lorsqu'on excite cette dernière région : ces mouvements accompagnent bien l'excursion du regard. Les chiens furent légèrement éthérisés ; les pigeons et les lapins ne furent pas narcotisés, Fleischl et Beck (1890) ayant montré combien l'éther, le chloroforme, etc., paralysent les sphères de sensibilité de l'écorce du cerveau. Steiner établit donc à son tour que les voies nerveuses centrifuges qui transmettent ces excitations motrices de la sphère visuelle et qui ne se terminent pas dans la zone motrice du cerveau, doivent gagner directement certains centres nerveux sous-corticaux (611) ; bref, « il existe des voies directes centrifuges qui vont de la sphère visuelle à des centres sous-corticaux ». Les mouvements de la tête notés chez les pigeons dérivent d'une même origine.

Si, sous l'influence de courants d'induction appliqués à la sphère visuelle, des mouvements, que Steiner propose d'appeler *adéquats*, se manifestent comme résultat d'une *sensation de la vue (Sehempfindung)*, on est amené à conclure qu'un mécanisme identique doit exister aussi pour les autres sphères de la sensibilité de l'écorce cérébrale, pour celles de l'audition, etc. Et, de fait, en excitant le lobe qui, chez le lapin, correspond à la *sphère auditive* (lobe temporal), Steiner vit l'oreille du côté opposé à l'excitation se mouvoir, mais sans être accompagnée de mouvements de la tête. Non plus que ceux des yeux ces mouvements ne sont pas projetés dans la zone motrice au moyen de faisceaux d'association, car une coupe frontale pratiquée en avant de la sphère auditive n'empêcha pas davantage les effets moteurs résultant de l'excitation de la sphère auditive (*Hörsphäre*) de se produire. Baginsky avait déjà, à l'insu de Steiner, décrit, quelques mois auparavant, cette catégorie de mouvements chez le chien (1). Steiner n'a donc pas poussé plus avant ses recherches dans cette direction ; il note expressément que l'on obtient, chez le lapin, les mêmes mouvements de l'oreille en excitant un point déterminé de la zone motrice proprement dite.

Après Munk, qui admet que, dans la couronne rayonnante de la *sphère visuelle,* un faisceau de fibres nerveuses doit exister, par le canal duquel les courants centrifuges provoqués par l'excitation de l'écorce de ce centre

---

(1) Baginsky. *Hörsphäre und Ohrbewegungen (Vorläuf. Mittheil.)*. Centralbl. f. Neurol., 1890, 458.

sensoriel se propagent à des centres nerveux sous-corticaux, Steiner croit pouvoir annoncer que, dans la même couronne rayonnante, doit exister aussi un faisceau à conduction de même sens pour les mouvements de la tête en rapport avec les sensations subjectives de la vision. De même, dans la couronne rayonnante de la *sphère auditive*, Steiner admet l'existence de faisceaux centrifuges pour les mouvements de l'oreille, aussi bien que pour les *mouvements adéquats* des centres sensoriels corticaux de l'*olfaction* et du *goût*, quoique ses investigations ne se soient pas étendues à ce domaine. Ainsi, dans la couronne rayonnante de l'écorce, Steiner postule l'existence de cinq faisceaux de fibres environ dont l'anatomie devra démontrer la réalité *in natura* : « Nous pouvons, d'après nos expériences, prédire que ces faisceaux existent, au moins pour le lapin, le chien et le singe, ainsi que pour les pigeons, quant aux mouvements des yeux et de la tête. » Chez les poissons, l'excitation, avec de faibles courants, du *tectum mesencephali*, ne produit que des mouvements de l'œil opposé seulement ; des courants plus intenses déterminent seuls des mouvements associés des yeux. Il en est de même chez les batraciens.

Il suit que cette partie de l'encéphale du cerveau moyen correspond, chez ces vertébrés, aux sphères visuelles du cerveau antérieur des mammifères et de certains oiseaux. Chez tous ces êtres, l'excitation électrique des régions considérées détermine des mouvements des yeux. Le fait que le pigeon répond par des mouvements associés des *yeux*, aussi bien que par des mouvements des *paupières*, des *pupilles* et de la *tête*, à l'excitation électrique des régions postérieures de son cerveau, tout de même que les poissons, les grenouilles et les mammifères consécutivement à la même stimulation du *tectum mesencephali* et des lobes occipitaux, permet de conclure que ces régions du cerveau du pigeon possèdent bien le caractère d'une sphère visuelle, et, ce qu'on a si souvent contesté, que le pigeon voit avec son cerveau (*Grosshirn*). Si Steiner n'avait pu réussir à déterminer des mouvements des yeux en stimulant cette région de l'écorce chez le pigeon, la conclusion opposée s'imposait naturellement. Munk avait soutenu, en effet, après Flourens, que le pigeon voit avec son cerveau et qu'il est aveugle après l'ablation de cet organe. Mais Schrader croyait avoir prouvé et démontré le contraire (1). Les observations de Steiner à cet égard ne sont pas seulement en contradiction avec celles de Schrader : elles témoignent hautement en faveur du point de fait et de doctrine professé par Munk, à savoir, que, chez les pigeons de même que chez les mammifères, chaque hémisphère cérébral est en rapport avec les deux rétines.

---

(1) Pflügers Arch., XLIV, 1888, 197.

En 1876, Soltmann avait fait connaître que la zone motrice ou sphère de la sensibilité générale (*Fühlsphaere*) de l'écorce cérébrale du chien n'était électriquement excitable que vers le temps où l'animal ouvre les yeux, c'est-à-dire du neuvième au dixième jour; avant ce temps, cette partie de l'écorce cérébrale est inexcitable (*Jahrb. f. Kinderheilk.*, N. F. 1876, IX, 106). On en avait conclu que la *zone motrice* est alors développée. A quelle époque de la vie post-embryonnaire les autres sphères sensorielles (*Sinnessphaere*), en particulier la sphère de la vision cérébrale (*Sehsphaere*) de Munk, apparaissent-elles dans l'écorce cérébrale ? On l'ignorait. « Ce sont des questions de nature phylogénique qui, il y a quelques années déjà, avaient éveillé en moi le désir de faire des observations précises sur la vue des animaux nouveau-nés, des animaux à sang chaud surtout, et parmi eux des mammifères. Il fallait trouver une méthode exacte, car on sait combien il est difficile, et presque impossible, de constater à cet égard quelque chose de certain, même chez l'enfant nouveau-né. Or, du jour où il a été possible de *transformer la sensation subjective en un mouvement objectif soustrait à la volonté de l'individu,* la méthode fut trouvée. » Aussi, en 1888, les expériences de Schäfer et de Munk, et, trois ans après, celles de Steiner lui-même, établirent-elles que la sphère visuelle du singe, du chien, du lapin et du pigeon répond au stimulus électrique par des mouvements associés des yeux et par un mouvement de la tête, — *mouvements qui sont manifestement la conséquence de la vision (nachweisbar Folge des Sehens)* (1). C'est guidé par cette méthode que Steiner institua ses expériences d'excitation de la sphère visuelle et observa les effets de cette excitation sur les *yeux* et sur la *tête,* afin de pouvoir se former une opinion raisonnée touchant l'époque où ce centre cortical commence à fonctionner. Le procédé opératoire est des plus simples chez des chats de quinze à vingt jours : après division de la peau, la paroi crânienne s'enlève très facilement avec un simple couteau ordinaire ; la mise à nu de la région des sphères visuelles est encore facilitée par le faible développement du crâne à la partie postérieure de la tête ; l'hémorrhagie, souvent insignifiante, est arrêtée au moyen de fines éponges imbibées d'eau salée ; Steiner avait même commencé par laisser la dure-mère *in situ,* comme pour le cerveau des pigeons ; il se persuada bientôt qu'il y avait dans ce procédé une source d'erreur possible, la sphère visuelle, qui souvent ne réagissait pas dans ces conditions, réagissant au contraire après l'ablation

(1) J. Steiner. *Ueber die Entwickelung der Sinnessphaeren, insbesondere der Sehsphaere auf der Grosshirnrinde des Neugeborenen.* Sitzungsb. d. kön. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin, 1895, 303.

de la dure-mère. Aussi, dans toutes les expériences qui ont suivi, la sphère visuelle a-t-elle été directement excitée après ablation de cette membrane.

D'abord les expériences portèrent sur des animaux âgés de deux jours; pour pouvoir observer les effets de l'excitation, les paupières fermées furent maintenues artificiellement ouvertes. « Dans les premiers jours, ni la *sphère motrice* ni la *sphère visuelle* n'étaient excitables. Lorsque, du neuvième au dixième jour, la première fut devenue excitable, la sphère visuelle, quoique les paupières s'ouvrissent alors spontanément, ne réagissait pas encore. En d'autres termes, l'*excitabilité des sphères visuelles corticales semble dans tous les cas plus tardive que celle de la zone motrice.* Du dixième au vingtième jour apparut la limite la plus basse de cette excitabilité : chez des chats de *quatorze jours* et davantage la sphère visuelle réagissait à l'excitation électrique en déterminant des mouvements associés des yeux et un mouvement de la tête du côté opposé à celui de l'application du stimulus, et cela de la manière la plus élégante, chez ces jeunes animaux. » Ce phénomène fut constaté par Steiner le quatorzième, le quinzième, le seizième jour chez des chats de portées différentes, voire d'une même portée. Le *quatorzième jour* est donc la date la plus précoce de l'excitabilité de la sphère visuelle du chat. Les variations d'apparition de cette propriété de l'écorce du cerveau chez ces animaux, du quatorzième au seizième jour, s'expliquent par des « variétés de race, des états différents de nutrition des individus d'une même portée et peut-être encore par d'autres causes ».

Chez les lapins, l'excitabilité de la sphère visuelle apparaît au *quinzième jour.* Cette région du cerveau semble être chez ces mammifères particulièrement « sensible » : il est arrivé qu'elle ne réagissait plus après quatre ou cinq excitations. Comme chez le chat, la sphère visuelle réagit, chez le lapin, plus tardivement que la sphère motrice corticale (quatre ou cinq jours environ). Entre un lapin ou un chat de dix et de quinze jours il existe, quant à la vision, une différence très nette : l'animal de quinze jours voit distinctement, car il cherche à fuir lorsqu'on veut le prendre, tandis qu'un animal de dix jours demeure tranquille. Steiner a observé, en outre, que, chez ces derniers animaux, à cette époque, la cornée n'est pas encore tout à fait transparente comme elle l'est au quinzième jour.

Chez le chien, l'excitabilité des sphères visuelles a lieu beaucoup plus tard que chez le chat et le lapin : cette région du cerveau est inexcitable aux quinzième, vingtième et vingt-sixième jours mêmes ; l'excitabilité de la sphère sensorielle de la vision est également plus tardive que celle des territoires moteurs de l'écorce. Au contraire, chez le cobaye, dont les

régions motrices du cerveau réagissent déjà, on le sait, au moment de la naissance (TARCHANOW), ce fut au *cinquième jour* que la sphère visuelle répondit à l'excitation électrique. Si, au vingt-troisième jour, on laisse vaguer un chien dans une chambre où se trouvent des chaises et des meubles, il s'y heurte constamment, quoiqu'il se dirige en droiture dans la direction de la voix qui l'appelle ; si l'appel cesse, le chien s'arrête, perplexe, « ainsi qu'un chien adulte dont les deux sphères visuelles ont été enlevées ». Bref, le chien de *vingt-trois jours* est encore *aveugle*, quoiqu'il ait les yeux ouverts ; mais son *ouïe* est manifestement *développée*. Il en est ainsi du sens de l'olfaction : ce chien trouve la viande jetée en morceau sur le sol, non parce qu'il la voit, mais parce qu'il la sent ; le sens de l'olfaction est donc également développé avant celui de la vue. Ce n'est qu'au *trente-quatrième* jour que le chien ne se heurte plus aux meubles et semble suivre l'homme sans avoir besoin d'être orienté par la voix ; il *voit* certainement. Comment voit-il ? Si on lui présente, à quelque distance, un morceau de viande directement devant ses yeux, il s'élance et cherche à le happer. Mais si l'image de l'objet est projetée latéralement sur le champ visuel, le chien ne le suit ni des yeux ni par un mouvement correspondant de la tête ; il demeure surpris et interroge du regard. Ce chien voit donc, mais sa vision n'est pas encore complètement développée : il ne voit que les objets qui se trouvent dans la direction de sa ligne visuelle, non ceux qui sont à la périphérie de son champ visuel. STEINER ajoute que la sphère visuelle de l'écorce de ce chien est encore *inexcitable* par le courant électrique. Mais au *quarantième jour* le chien suit du regard et de la tête le morceau de viande et le retrouve dans toutes les directions : sa sphère visuelle est également devenue *excitable* par le stimulus électrique.

C'est donc plus tard que chez les mammifères précédemment étudiés, au quarantième jour seulement environ, que la sphère visuelle du chien est complètement développée. Ce développement est très lent : quoiqu'il ait les yeux ouverts depuis le quatorzième jour, il n'est pas encore capable, au vingt-quatrième jour, d'éviter les obstacles, il s'y heurte, et semble bien par conséquent être aveugle, encore que tout l'appareil périphérique de la vision ressemble à celui de l'animal adulte. Vers ce même temps l'ouïe et l'odorat fonctionnent très nettement. Dix jours plus tard, au *trente-quatrième* jour, le chien évite les obstacles ; il doit donc voir, mais s'il voit directement devant lui, il est encore incapable de suivre du regard les objets périphériques de son champ visuel. Cela n'arrive qu'au *quarantième jour*. Des observations plus nombreuses pourraient sans doute, STEINER en convient, faire varier ces époques de quelques jours, mais les rapports de relation entre les faits demeurent exacts, et c'est l'essentiel :

le développement de la sphère visuelle exige, pour le chien, un temps beaucoup plus considérable que celui des mêmes régions du cerveau chez le cobaye, le chat et le lapin. « Si la perception de l'image des objets projetée latéralement sur le champ visuel implique de nécessité la faculté d'orientation dans l'espace et que la vue n'acquiert son développement complet qu'avec cette fonction, nous ne saurions déterminer, au moyen de ces méthodes, comme nous l'avions souhaité, le moment où l'individu voit pour la première fois : nous ne déterminons que le moment où *la sphère visuelle a atteint tout son développement,* où l'appareil optique suffit à toutes les nécessités de la vision et de l'orientation dans l'espace. »

Chez l'enfant nouveau-né, où les méthodes expérimentales que nous avons suivies jusqu'ici ne sont plus applicables, il est toutefois possible, en combinant les observations avec les résultats des expériences sur les animaux, de déterminer le moment où la sphère visuelle est excitable par le courant électrique. Si l'on considère que le chien possède un cerveau beaucoup plus développé, en rapport avec son intelligence, que le lapin et le chat, et que l'excitabilité de la sphère visuelle s'y manifeste beaucoup plus tard que chez ces mammifères, force est d'admettre que, chez l'homme, le centre cortical de la vision mentale, supérieur encore en évolution, n'arrivera que beaucoup plus tard à son développement. Or, par analogie avec ce qu'on sait des mouvements du regard chez le chien, on peut dire à quel moment l'enfant nouveau-né est capable de percevoir les objets périphériques et de s'orienter dans l'espace. Ce sont les observations de Raehlmann (1) qu'invoque ici Steiner. Le développement de la vision chez l'enfant se partage en deux périodes : 1° dans la *cinquième semaine,* l'enfant peut fixer un objet dont la direction se trouve dans la ligne visuelle ; les mouvements des yeux nécessaires à la fixation des objets périphériques lui font encore défaut ; 2° au *cinquième mois,* existent les mouvements des yeux qui permettent de suivre le déplacement des objets sur le champ visuel et l'orientation dans l'espace. Cette seconde période correspond à celle que Steiner a fixée au *quarantième jour* pour le chien. L'éminent physiologiste en conclut donc que, « au cinquième mois, la sphère visuelle est développée chez l'enfant et répondrait à l'excitation électrique par des mouvements associés des yeux et un mouvement correspondant de la tête ».

L'anatomie, l'expérimentation et la clinique ont inspiré à Knies, dans

---

(1) E. Raehlmann. *Physiologisch-pathologische Studien uber die Entwickelung der Gesichtswahrnehmungen bei Kindern und bei operirten Blindgeborenen.* Zeitschr. f. Psychologie u. f. Physiologie der Sinnesorgane, II, 53.

le même ordre d'idées, un travail que nous estimons remarquable. Les mouvements de *convergence* et *d'accommodation* des yeux y sont considérés comme dépendant du territoire cortical de la vision du lobe occipital, territoire qui n'est pas seulement, dit Knies, le centre sensoriel des perceptions lumineuses conscientes, mais le centre moteur des mouvements volontaires et conscients des yeux, en tant que ces mouvements sont déterminés par des perceptions de la vue (1). Toute excitation du champ visuel, si l'intensité est suffisante, rayonne sur l'écorce entière du centre de la vision mentale, mais il y a toujours un point de cette sphère plus excité que les autres : de ce foyer partent des réactions motrices appropriées qui vont aux cellules nerveuses des noyaux des muscles oculaires, oculo-moteur, trochléaire, abducteur ; ces noyaux, à leur tour, provoquent les mouvements des fossettes centrales des deux yeux dans la direction de l'excitation du champ visuel. Ces mouvements, Knies les appelle volontaires pour les distinguer des mouvements involontaires des yeux, réflexes élémentaires dont les causes résident uniquement dans les noyaux des muscles oculaires, lesquels, contenant des terminaisons nerveuses de provenances très diverses, réagissent aux innombrables excitations, de nature variée, qui assaillent les appareils périphériques des sens. Quant aux mouvements volontaires et conscients, ils arrivent aux cellules nerveuses des noyaux oculaires par le canal des fibres de la couronne rayonnante du lobe occipital. L'écorce de ce lobe est donc à la fois un centre cortical sensoriel et moteur pour les mouvements volontaires des yeux résultant d'impressions lumineuses conscientes. Si cette hypothèse est exacte, les troubles des mouvements volontaires des yeux doivent pouvoir se produire indépendamment de ceux des mouvements involontaires, et la convergence et l'accommodation peuvent être altérées alors que les réflexes oculaires d'ordre inférieur sont conservés : et c'est ce qu'on observe en effet dans tous les troubles de la vision d'origine corticale ; c'est ce que Knies appelle troubles centraux des muscles volontaires des yeux. Le diagnostic différentiel de ces mêmes troubles par lésion de la couronne rayonnante ou de l'écorce du lobe occipital s'obtient en constatant, si l'écorce est intacte, la persistance des images mentales.

Fonctions des tubercules quadrijumeaux antérieurs et des lobes optiques, des ganglions de l'habénule et de la commissure postérieure du cerveau. — Nous avons dit que les centres optiques sous-corticaux

(1) Knies. *Ueber die centralen Störungen der willkürlichen Augenmuskeln.* Knapp-Schweigger's Arch. f. Augenheilkunde, XXII.

du cerveau avec lesquels les fibres à direction centrifuge des faisceaux de projection du lobe occipital sont sûrement en rapport étaient surtout les tubercules quadrijumeaux antérieurs. Dans ses longues recherches, poursuivies durant tant d'années, sur les centres d'origine du nerf optique et sur les rapports de ces centres avec l'écorce cérébrale, v. MONAKOW a vu, soit en observant les lésions consécutives aux traumatismes opératoires pratiqués sur le système nerveux central ou périphérique des animaux nouveau-nés, soit en étudiant les préparations pathologiques provenant de cas cliniques, que les tubercules quadrijumeaux antérieurs dégénéraient en partie, de concert avec les corps genouillés externes et le pulvinar, après l'ablation ou le ramollissement des sphères visuelles. Après l'énucléation des organes périphériques de la vision, la substance grise superficielle et la substance blanche moyenne des tubercules quadrijumeaux antérieurs semblent présenter des lésions spéciales au regard de celles des corps genouillés et du pulvinar. Dans de nouvelles observations pathologiques qu'il cite, la lésion d'un tubercule quadrijumeau antérieur avait évolué sans altération essentielle de la vision, mais avec des troubles des mouvements des yeux et de l'innervation des pupilles.

Le réflexe lumineux pupillaire, en tant que mouvement involontaire, c'est-à-dire non précédé d'une représentation consciente, se distingue très nettement des mouvements réflexes d'*accommodation* et de *convergence* des axes visuels, qui, pour être innés comme le premier, impliquent, nous l'avons vu, l'existence de perceptions visuelles dans l'écorce du lobe occipital. Or ces réflexes peuvent être abolis isolément. En 1869, ARGYLL ROBERTSON observa que, au cours de certaines affections du système nerveux central, dans le tabes et la paralysie générale, les pupilles perdent la faculté de se contracter sous l'incidence d'un rayon lumineux, tandis qu'elles se contractent encore normalement dans l'*accommodation* et la *convergence* : c'est ce phénomène que les neurologistes appellent le signe d'ARGYLL ROBERTSON. Quel est l'organe dont la lésion abolit le réflexe pupillaire lumineux, qui persiste quelquefois même chez les aveugles, rend la pupille inerte, immobile ? Il doit se trouver, non dans les nerfs périphériques, mais dans l'appareil central, « dans l'arc réflexe entre le nerf optique et l'oculo-moteur » (ERB). Autrement, ni la vision ni l'accommodation ne seraient possibles. Le point en question doit donc être, dans le cerveau, entre la station terminale de certaines fibres du nerf optique et la station d'origine des branches du noyau de l'oculo-moteur qui innervent (contractent) le sphincter de l'iris. Il existe, en effet, dans le nerf optique, des fibres spéciales, décrites pour la première fois, chez l'homme, par KEY et RETZIUS, chez les autres mammifères par GUDDEN, MONAKOW et BECHTEREW, servant à transmettre le stimulus lumineux qui détermine

le mouvement des pupilles, *fibres irido-motrices,* d'épais calibre, distinctes des fibres visuelles proprement dites. L'anatomie aussi bien que la physiologie enseignent que les fibres qui vont au sphincter de l'iris passent dans l'oculo-moteur.

D'après WERNICKE, l'arc réflexe entre la rétine et la branche de l'oculomoteur qui innerve l'iris ne s'étend pas au delà des tubercules quadrijumeaux. D'où le diagnostic qui porte le nom de ce savant :

1° Si la voie nerveuse des fibres pupillaires du nerf optique est interrompue derrière les tubercules quadrijumeaux, l'arc réflexe allant de la rétine à ces ganglions demeure intact et les pupilles réagissent comme d'ordinaire à l'excitation lumineuse ;

2° Si la voie nerveuse est interrompue en avant des tubercules quadrijumeaux, le réflexe lumineux pupillaire fera défaut.

Une observation, la première, due à LEYDEN, avec autopsie, aurait confirmé la justesse de cette hypothèse, fondée sur une exacte analyse des rapports anatomiques (1).

MENDEL a fait connaître les résultats de recherches sur ce sujet dus à la méthode des dégénérescences. Chez un grand nombre de chiens, de chats et de lapins, peu après la naissance, dès que les yeux s'étaient ouverts, il pratiqua, avec le concours de HIRSCHBERG et d'UHTHOFF, l'ablation de la plus grande partie de l'iris. Dans les cas où l'œil put être conservé sans lésions essentielles de la vision, l'animal fut tué quelques mois après, le cerveau durci et des coupes en séries, verticales et horizontales, furent faites par KRONTHAL. Dans ces mêmes cas, peu ou pas d'atrophie du nerf optique ni d'altération du tubercule quadrijumeau antérieur, ni du corps genouillé externe. Mais la lésion constante, caractéristique, fut une atrophie de la masse et des cellules constituantes du *ganglion habenulae* du côté opéré. Cet organe, situé, dans toute la série des vertébrés, immédiatement en avant de la glande pinéale, dégénérerait après l'iridectomie, qui abolit les mouvements de l'iris. Des recherches anatomiques et physiologiques de DARKSCHEWITSCH il semblait résulter que les fibres pupillaires du tractus optique passent dans la glande pinéale et le ganglion de l'habénule : ce ganglion nerveux paraissait donc bien être un centre réflexe des mouvements pupillaires. D'autres fibres, avec d'autres fonctions physiologiques, ont aussi d'ailleurs leurs origines et leurs terminaisons dans le ganglion de l'habénule. Il est probable que GUDDEN, en enlevant les tubercules quadrijumeaux antérieurs, avait réalisé la même expérience que MENDEL en excisant une partie qui paraît avoir été le ganglion de l'habénule. Ajoutez que les expériences physiologiques de BECHTEREW, qui toutes établissent l'importance de la paroi postérieure du troisième ventricule pour les mouvements de l'iris, s'accordaient avec les observations de MENDEL, étant donnée la place qu'occupe dans le cerveau le *ganglion habenulae*.

Quel chemin suivait l'arc réflexe du ganglion de l'habénule au noyau de l'oculo-moteur [illegible]r, au noyau du sphincter de l'iris? Entre le ganglion de l'habénule se trouve des deux côtés

(1) E. LEYDEN. *Ueber die hemiopische Pupillenreaction* WERNICKE's (*Hemianopische Pupillenstarre*). Deutsche med. Wochenschr., 1892.

une commissure. Les fibres de cette commissure appartiennent à la partie inférieure externe de la commissure postérieure du cerveau. Le rôle physiologique de cette commissure serait en rapport avec l'activité synergique des deux pupilles. La partie de la commissure du ganglion atrophié présentait une atrophie que MENDEL a pu suivre assez loin dans la commissure postérieure du cerveau : c'était la voie conduisant au noyau du sphincter de l'iris. Sans insister davantage, citons la conclusion de MENDEL : La voie nerveuse suivie par le réflexe lumineux pupillaire aurait été le nerf optique et le ganglion de l'habénule du même côté, puis, par la commissure postérieure, le noyau de GUDDEN, et, de ce noyau, les fibres du tronc de l'oculo-moteur (1).

Ces recherches s'accordaient avec la coexistence de la *perte du réflexe lumineux de la pupille et de la conservation des mouvements d'accommodation et de convergence des axes dans la paralysie générale*, où la lésion des ventricules en général (épendymite ventriculaire), et du troisième ventricule en particulier, est d'observation commune. Naturellement, lorsque les lésions de cette affection se sont étendues à l'écorce du lobe occipital, le réflexe pupillaire de l'accommodation est aussi bien aboli que celui dont le centre moteur est dans les ganglions optiques sous-corticaux. L'inertie de la pupille à la lumière, signe précoce et fréquent, se rencontre chez 55 à 60 paralytiques généraux sur 100, d'après MAGNAN et SÉRIEUX ; chez 47 pour 100 environ, d'après MOELI et MENDEL.

Une indépendance anatomique et fonctionnelle du même genre s'observe pour l'expression des émotions, selon que les mouvements sont d'origine réflexe ou volontaire. Il y a des cas de paralysie d'origine cérébrale où le facial, tout à fait immobile d'un côté pour les mouvements volontaires, n'en fonctionne pas moins comme du côté sain sous l'influence d'une émotion purement réflexe et involontaire. Dans d'autres cas, l'innervation des mouvements volontaires du facial existe, tandis que celle des mouvements émotionnels involontaires est abolie. La raison de ces phénomènes se trouve, on l'a vu, dans de pures considérations d'anatomie. Le parcours des voies nerveuses présidant aux mouvements volontaires et involontaires de la face n'est pas, en effet, le même : les premières passent par la capsule interne et le pied du pédoncule cérébral, les secondes par le thalamus opticus et la calotte de ce pédoncule. La perte du réflexe émotionnel, involontaire, du facial, dépend, comme celle du réflexe lumineux pupillaire, de la lésion d'un ganglion sous-cortical, des couches optiques, ou des fibres de la couronne rayonnante qui unissent le thalamus à l'écorce du cerveau antérieur. Les lésions du centre cortical du facial déterminent au contraire la perte des mouvements volontaires qui servent à l'expression de la mimique des émotions au moyen des contractions des muscles de la face (NOTHNAGEL, BECHTEREW, etc.).

Les recherches expérimentales et cliniques postérieures à celles de MENDEL sur le trajet des fibres du réflexe lumineux pupillaire n'ont point confirmé la réalité des résultats auxquels ce savant croyait être arrivé et dont il continue à maintenir l'exactitude : l'atrophie du ganglion de l'habénule après l'iridectomie.

Ni MONAKOW, ni SIEMERLING (2), ni surtout H. MASSAUT (3), n'ont pu con-

---

(1) Berliner klinische Wochensch., 25 nov. 1889, 1029-30. Cf. E. HEESE. *Ueber den Einfluss des Sympathicus auf das Auge, insbesondere auf die Irisbewegung*. PFLÜGER's Archiv, LII.

(2) SIEMERLING. *Ueber die Veränderungen der Pupillenreaction bei Geisteskranken*. Verein der deutsch. Irrenärzte in Heidelberg, 1896.

(3) H. MASSAUT. *Experimentaluntersuchungen üb. den Verlauf der den Pupillarreflex vermittelnden Fasern*. Arch. f. Psych., XXVIII, 1896.

stater d'atrophie ou de dégénérescence du *ganglion de l'habénule* après des iridectomies datant de plusieurs semaines. On a en vain cherché la station intermédiaire, le relai nucléaire, qui aurait pour office de relier les deux *termini* de l'arc diastaltique que parcourt le réflexe lumineux de l'iris : ce n'est ni le *ganglion de l'habénule,* ni le *noyau de* Gudden. Dans les expériences d'iridectomie de Massaut sur les lapins, de quelques jours à l'âge adulte, sacrifiés après 35 à 73 jours, les *fibres pupillaires* avaient bien dégénéré (coloration de Marchi) ; on pouvait suivre cette dégénérescence au delà du chiasma du côté opposé dans la bandelette optique, dans la commissure inférieure, dans les tubercules quadrijumeaux antérieurs et dans le faisceau pédonculaire ; bref, la distribution des fibres pupillaires a certainement une étendue considérable, encore que ces fibres semblent toutes confluer, par des voies différentes, au noyau de l'oculo-moteur. Mais ni les cellules nerveuses du *ganglion de l'habénule,* ni celles du *noyau de* Gudden ne présentèrent, à la réaction de Nissl, de dégénérescence. Ces centres nerveux doivent donc être étrangers aux fonctions de l'iris : ce ne sont point des « centres réflexes » des mouvements des pupilles (Mendel). L'onde nerveuse centripète doit se décharger *directement* sur le noyau de l'oculo-moteur. La méthode de Marchi ne rendant manifestes que les altérations dégénératives des fibres nerveuses séparées de leur centre trophique, il faut admettre que dans l'iris existent les cellules d'origine dont les cylindraxes passent dans le nerf optique.

Centres trophiques des nerfs optiques. — Tout ce qui précède a montré dans quels étroits rapports anatomiques et fonctionnels se trouvent les centres optiques primaires, corps genouillés externes, pulvinar, tubercules quadrijumeaux antérieurs, avec les faisceaux de fibres à direction opposée constituant la bandelette et le nerf optique et avec les éléments nerveux de la rétine. Comme l'a démontré Monakow, ces centres optiques primaires, y compris les bandelettes et les nerfs optiques, dégénèrent après les lésions destructives du lobe occipital. Et pourtant, si l'on excepte les faisceaux optiques à direction centrifuge qui, issus des circonvolutions du lobe occipital, se rendent aux tubercules quadrijumeaux antérieurs, centres des mouvements réflexes de l'œil, la plus grande partie des fibres optiques rayonnent certainement dans une direction inverse, c'est-à-dire de la rétine aux ganglions de la base, corps genouillé externe et pulvinar, points d'arrivée des fibres rétiniennes, points de départ des fibres optiques cérébrales, et, en passant par la partie postérieure de la capsule interne, au lobe occipital. La rétine, ce ganglion nerveux périphérique d'origine ectodermique, étalée en membrane, comme la définit Ramon y Cajal, est donc bien le centre trophique de la plupart des fibres rétiniennes.

lesquelles se terminent en s'arborisant dans les dendrites des cellules des ganglions nerveux interposés. Ceux-ci sont à leur tour les véritables *ganglions d'origine* des nerfs optiques (1).

Peut-on constater l'influence trophique directe de la rétine sur les nerfs optiques? PIERRET, chez deux monstres pseudencéphales nés à terme, avec des yeux bien développés, mais dont le cerveau était remplacé par une tumeur, a trouvé à peu près normaux la rétine et les nerfs optiques. Au contraire, dans les cas de microphthalmie et d'anophthalmie, le nerf optique est atrophié. Parmi les observations d'anophthalmie congénitale, d'une si grande portée pour l'anatomie et la physiologie des centres de la vue, il en est très peu où l'on ait tenu compte de l'état du cerveau. Voici un cas bien observé par GIOVANARDI. Chez une fille de quatorze mois, aveugle-née et manquant des deux lobes oculaires, les nerfs optiques, le chiasma et les bandelettes faisaient défaut entièrement, et les circonvolutions occipitales étaient, des deux côtés, atrophiées. Inversement, chez un fœtus humain de huit mois, auquel manquaient les deux lobes occipitaux et une partie du lobe pariétal (porencéphalie), MONAKOW a trouvé une atrophie descendante dégénérative des tubercules quadrijumeaux antérieurs, du corps genouillé externe, du pulvinar, des tractus et des nerfs optiques, comme chez les mammifères dont on extirpe les lobes occipitaux quelques jours après la naissance. C'est dans cette observation que MONAKOW a démontré, contre MEYNERT et HUGUENIN, que les centres optiques sous-corticaux n'envoient de radiations que dans le *lobe occipital*, non dans le *lobe temporal* aussi, et que le *corps genouillé interne* n'est pas en rapport avec le *lobe occipital*, c'est-à-dire avec la vision, mais avec le *lobe temporal*, c'est-à-dire avec l'audition.

On connait l'atrophie des éléments rétiniens, des nerfs et des lobes optiques chez les invertébrés et chez les vertébrés qui vivent sous terre ou dans les eaux souterraines. Les formes extrêmes de dégénération fonctionnelle, d'atrophie, que la théorie des neurones nous a fait connaître, en montrant que cette atrophie peut s'étendre à plusieurs neurones, apparaissent surtout en anatomie comparée, par exemple dans les centres optiques de la taupe ou d'autres espèces aveugles de la faune des cavernes. Non seulement à la suite de la perte des fonctions d'un organe périphérique des sens, tel que l'œil, les cellules nerveuses des centres primaires optiques s'atrophient : toutes les voies nerveuses qui reliaient ces centres avec d'autres centres ou avec l'écorce cérébrale ont subi les mêmes effets

---

(1) STEFAN BERNHEIMER. *Ueber die Sehnervenwurzeln des Menschen. Ursprung, Entwicklung u. Verlauf ihrer Markfasern*. Wiesbaden, 1892.

de dégénérescence. Le processus involutif s'est étendu bien au delà des premiers neurones successivement associés. Cette atrophie entraîne d'ordinaire des phénomènes de compensation du côté du toucher et de l'olfaction. « Dans les cavernes et les lacs, ce sont les descendants d'animaux quaternaires ; dans les océans, ce sont les descendants d'animaux du tertiaire ou même du crétacé (1). » Ces animaux, devenus ainsi aveugles de par ces conditions d'habitat, sont très sensibles aux excitations lumineuses qui peuvent affecter leur sensibilité tactile.

Chez quelques-uns des plus lointains ancêtres des plantes et des animaux, chez les protozoaires photophiles (2), toutes les parties en apparence homogènes du corps protoplasmique et de ses prolongements sont également excitables à l'action des rayons lumineux. La rétine des nautiles, des gastéropodes et des céphalopodes (3) montre bien comment, par l'effet de la division du travail physiologique, certaines cellules de l'ectoderme, en conflit perpétuel avec les forces du monde extérieur, se sont différenciées en cellules plus particulièrement propres à être affectées par la lumière. R. Dubois a établi que le mécanisme de la vision se réduit, en dernière analyse, à un véritable phénomène tactile (4). Chez les mollusques, comme chez les vers (Darwin), le passage de l'obscurité à la lumière, l'intensité lumineuse et la longueur d'onde, la durée de l'excitation lumineuse, provoquent des contractions d'une certaine espèce, encore qu'aucun rudiment d'œil n'existe. Les fonctions photodermatiques nous apparaissent comme les plus anciennes du sens de la vision (5). Sous l'influence des

---

(1) A. S. Packard. *The Cave Fauna of North America, with Remarks on the anatomy of the Brain and Origin of the blind species.*

(2) J. Soury. *La psychologie physiologique des protozoaires.* Revue philosophique, 1891, I, 19.

(3) F. Kopsch. *Das Augenganglion (ganglion opticum) der Cephalopoden* (Aus d. II anat. Inst. d. Univ. z. Berlin). Anat. Anz. Centralbl. her. v. K. v. Bardeleben in Iena, XI Bd., 1895, nº 12. Cf. v. Lenhossek. *Zur Kenntniss der Netzhaut der Cephalopoden.* Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LVIII, 1894, 634.

(4) R. Dubois. *Anatomie et physiologie comparées de la pholade dactyle. Structure, locomotion, tact, olfaction, gustation, vision dermatoptique, photogénie. Avec une théorie générale des sensations.* Paris, 1892.

(5) W. A. Nagel appelle sens *photoskioptique* la faculté que possède un animal de percevoir la clarté et l'obscurité ; il nomme *photoptique* le mouvement de réaction d'un animal à la lumière *skioptique* la même réaction à l'ombre Enfin, parmi les animaux photoskioptiques, il distingue les *ikonoptiques*, qui perçoivent des images produites par un appareil réfractant la lumière. L'*amphioxus lanceolatus*, par exemple, fortement photoptique, est très peu skioptique. D'autres animaux, tels que *helix pomatia*, ont été trouvés nettement skioptiques, sans que ce mode de sensibilité lumineuse dépendît proprement des yeux, mais, comme chez certains mollusques, de la peau (*).

(*) *Ein Beitrag zur Kenntniss des Lichtsinnes augenloser Thiere.* Biol. Centralbl., 1894, 810. Cf. ibid. XIV, 385. — K. Petrèn. *Untersuch. über den Lichtsinn.* Skand. Arch. f. Phys., IV. — L. Blanc. *Note sur l'influence de la lumière sur l'orientation de l'embryon dans l'œuf de poule.* Soc. de biol., C. R., 1892, 77[illegible].

rayons lumineux, la peau de ces invertébrés agit déjà comme une rétine élémentaire, et, en se propageant à travers les téguments superficiels, la lumière détermine des contractions réflexes analogues à celles de l'iris (1). « Toute la couche papillaire de la peau est, selon moi, a écrit sir WILLIAM

---

(1) R. DUBOIS ne croit pas qu'il puisse exister un doute sur l'existence de la *fonction dermatoptique* chez les invertébrés dépourvus d'yeux (Protozoaires, Vers arthropodes, Mollusques, etc.). La peau de certains Vertébrés (Grenouilles) est également impressionnable par la lumière. « La peau jouit de propriétés analogues à celles de notre œil. » « La rétine, l'embryologie le montre, n'est qu'un fragment du tégument externe qui après avoir été enfoncé dans la profondeur du corps de l'embryon, reparaît plus tard, à la périphérie, pour donner l'organe sensoriel », l'organe de la *vision*, l'œil. Chez la pholade, c'est encore la peau qui est le siège de la vision. On peut suivre ainsi, chez les Invertébrés, « le développement de l'organe visuel aux dépens de l'ectoderme ». Bref, « la vision est une fonction de la peau ». Tous les modes de sensibilité dérivent de l'épiderme, chaque sens apparaissant comme une sorte de toucher, selon l'antique doctrine de DÉMOCRITE. L'œil, chez les Vertébrés comme chez les Invertébrés, doit donc présenter de grandes analogies avec les téguments cutanés. La pholade, qui n'a pas d'yeux, *voit* par toute la surface libre du manteau et particulièrement du siphon. Sous l'influence d'une modification de l'éclairage ambiant (nuage de fumée, lumière subite dans l'obscurité), le siphon de la pholade se contracte brusquement « comme si l'on touchait les organes tactiles ». Cette sensibilité à la lumière est surtout développée dans les points les plus pigmentés du siphon (à l'orifice pourvu de couronne tentaculaire). Cette peau de la pholade représente un « écran sensible », une « rétine dermatoptique », mais une *rétine* sur laquelle *aucune image nette ne saurait se former*. La pholade sera surprise par un ennemi qu'elle ne peut voir.

Est-ce bien la lumière, et non pas les effets thermiques ou chimiques des ondes lumineuses, qui est le véritable excitant de ces réactions chez ce mollusque ? « On ne peut admettre que le passage d'un pain à cacheter ou d'un verre dépoli au-dessus d'un animal plongé dans l'eau de mer et éclairé par la lumière diffuse du jour modifie assez son état thermique pour provoquer de semblables effets. » L'éclairage unilatéral du siphon par le pinceau lumineux d'un photophore électrique détermine une lente incurvation vers le foyer de lumière, véritable phototropisme animal. En somme, les choses se passent comme si l'on touchait, comme si l'on excitait mécaniquement l'épiderme. La sensation lumineuse, la vision dermatoptique n'est pas seulement comparable à un phénomène tactile : elle se produit ici par un véritable phénomène tactile. La lumière excite d'abord les éléments de la couche myoépithéliale, puis ceux des couches neuro-conjonctives sous-jacentes, enfin des terminaisons nerveuses et les muscles du siphon.

Si l'on consulte les documents graphiques fournis par l'animal écrivant lui-même « ses propres impressions visuelles », on voit qu'avec un éclairage d'une durée de deux secondes fourni par une lampe de dix bougies, le siphon se contracte comme sous l'influence d'une très légère excitation mécanique, d'une vapeur odorante, d'une substance sapide, etc. Le mécanisme qui produit la contraction réflexe du siphon présente une analogie frappante avec celui de la contraction réflexe de l'iris quand un rayon lumineux frappe la rétine. Lorsque l'intensité lumineuse décroît, la contraction diminue en même temps que la période latente augmente, et *vice versa*. Sentant avec une précision qui ne le cède en rien à celle de notre œil les plus légères différences d'*intensité* lumineuse (1/400 de bougie), la peau de la pholade peut être impressionnée par un éclairage d'une durée de 2/100 de seconde. Enfin, il n'y a pas jusqu'à la variation négative observée dans le nerf optique lorsqu'on fait tomber sur la rétine d'un œil placé dans l'obscurité une radiation lumineuse qui ne se manifeste ici, en substituant la peau à la rétine et la couche neuro-conjonctive au nerf optique : « Chaque fois que la lumière était projetée sur le siphon, il se produisait trois déviations successives de l'aiguille galvanométrique. »

Outre ces réactions du siphon de la pholade aux diverses impressions d'intensité lumineuse de clarté et d'obscurité, ce mollusque posséderait des sensations chromodermatoptiques. Le siphon se contracte sous l'influence de toutes les radiations monochromatiques que notre œil distingue et ne réagit pas plus

BROADBENT, une expansion sentante, une rétine tactile (1). » « La vision proprement dite est comparable au toucher, avait dit AUG. CHARPENTIER (Nancy). La rétine est sous beaucoup de rapports comparable à la *peau*. La rétine a un excitant spécial, la lumière. » Mais la peau est elle-même sensible aux radiations lumineuses ; seulement elle les ressent surtout sous

---

que nous aux rayons ultra-violets et ultra-rouges ; les contractions observées n'étaient donc dues ni à des réactions chimiques ni à des variations calorifiques du spectre. S'agit-il de véritables impressions colorées, de vraies sensations chromatiques ? Les diverses radiations simples du spectre donnent naissance à des réactions différentes. Mais les différences observées dans les courbes obtenues avec des radiations simples ne résultent-elles pas simplement des différences de l'intensité lumineuse propre aux divers rayons du spectre ? La *forme* des graphiques obtenus avec les radiations colorées n'est pas la même que celle des tracés obtenus avec des intensités différentes d'une même source de lumière blanche. La rapidité de la contraction avec cette lumière a été trouvée précisément *intermédiaire* entre celle des radiations jaunes et vertes et celle des radiations violettes et rouges. « Il semble donc que lorsque la lumière blanche, composée de toutes les radiations simples du spectre, tombe sur la rétine dermatoptique (c'est-à-dire sur la peau de la pholade), ces excitants, d'activité différente, agissant simultanément, impriment à la contraction dermatoptique une vitesse *moyenne*, qui correspond précisément à la sensation de la lumière blanche. » L'amplitude maxima de la contraction décroît dans un spectre solaire selon l'ordre suivant : jaune, vert, bleu, violet, rouge. Il ressort de l'ensemble de ces expériences que la *sensation d'intensité lumineuse* est fonction de l'amplitude du mouvement du système avertisseur de la pholade dactyle, et que la *sensation de couleur* est déterminée par la rapidité de ce mouvement, comme dans l'audition la hauteur d'un son est fonction de la rapidité des vibrations et son intensité de l'amplitude de ces vibrations.

La question si débattue de l'existence d'un sens lumineux et d'un sens chromatique, distincts d'un sens thermique, chez les Invertébrés et chez certains Vertébrés aveugles ou privés d'yeux, nous paraît fort loin d'être résolue dans un sens ou dans l'autre. « En réalité, dit W. THOMSON, tous les rayons dits lumineux ont un effet calorique. La chaleur radiante et la lumière sont indivisibles ; il n'y a pas deux choses distinctes, une chaleur radiante et une lumière : toutes deux sont identiques. » Pour W. THOMSON, il y a « continuité absolue » entre la perception de la chaleur radiante comme lumière par la rétine de l'œil et sa perception comme chaleur. De même FOREL. Quant aux sensations et perceptions dermatoptiques, FOREL, qui se range à l'opinion de HANDL, loin de les comparer de près ou de loin à la vision, n'admet pas que ces sensations aient une énergie spéciale qu'on ait le droit d'appeler optique. « GRABER n'a point démontré, dit FOREL, que les sensations produites par la lumière sur la peau soient d'une qualité particulière, spéciale, différente des sensations de *douleur*, de *chaleur*, de *froid* et de *toucher*. Il n'a pas démontré que l'animal puisse à leur aide reconnaître quoi que ce soit, qu'il distingue un objet bleu d'un objet rouge, par exemple. La qualité de ces sensations pourrait bien être fort voisine de nos sensations de *froid* et de *chaud*, et tout à fait différentes de nos sensations optiques. C'est même ce qui me paraît de beaucoup le plus probable. Aussi préférerais-je, pour ma part, de beaucoup le terme de sensations *photodermatiques* au terme de sensations *dermatoptiques* qui, à mon avis, dit trop. En un mot, l'*animal ne voit pas par la peau :* il sent seulement la lumière, ses degrés et la longueur de ses ondes » (*).

Ainsi les contractions du siphon de la pholade dactyle, dans les expériences, d'ailleurs fort bien conduites, de M. RAPHAËL DUBOIS, sur « la fonction dermatoptique », pourraient dépendre bien moins de l'existence de véritables sensations lumineuses ou chromatiques, que des effets thermiques ou chimiques des ondes lumineuses. Le savant professeur de Lyon s'est bien sans doute fait à lui-même ces objections ; d'avance il y a répondu. Je crois pourtant qu'elles subsistent.

(1) *Brain origin*. Brain, 1895, 185 sq.

(*) FOREL. *Expériences et remarques critiques sur les sensations des Insectes*. Recueil zoologique suisse, IV, 177.

forme de chaleur ; « de plus, la sensibilité de la peau n'est point, comme celle de la rétine, limitée à la partie moyenne du spectre ; elle est plus générale et plus étendue ». Malgré tout, conclut CHARPENTIER, il n'existe pas à cet égard de différence essentielle. Comme la peau, la rétine s'étale sous forme de membrane accessible à une foule d'excitations simultanées : sensation *lumineuse* dans la rétine, sensation de *contact* dans la peau, sensation de *couleur* dans celle-là, sensation de *température* dans celle-ci ; à un degré plus élevé, *distinction des formes* dans l'une et dans l'autre. Bref, « le parallélisme est presque complet des modes de sensations qui prennent leur origine dans ces deux membranes » (1).

I. Les hémianopsies. — *Amblyopie croisée. Réaction pupillaire hémiopique. Dégénérescences ascendantes et descendantes.* — Le symptôme caractéristique des lésions du centre cortical de la vision, dont nous avons essayé de déterminer le territoire sur le lobe occipital, c'est l'hémianopsie bilatérale homonyme. Les expériences physiologiques aussi bien que les observations cliniques démontrent qu'une lésion du lobe occipital *droit* abolit la fonction des moitiés *droites* de chaque rétine : l'individu ne peut plus rien percevoir de ce qui est à sa gauche. De même si la lésion affecte le lobe occipital *gauche,* la fonction des moitiés *gauches* de chaque rétine est détruite ; l'individu ne perçoit plus rien de ce qui est à sa droite. La moitié de la rétine qui voit est séparée de celle qui est aveugle par une ligne passant par le milieu de la *fovea centralis.* Un hémianope qui regarde le visage d'un autre homme ne voit que la moitié de la tête ; l'autre moitié, il ne la voit point du tout. HUGHLINGS JACKSON rapporte l'histoire d'un tailleur hémianesthésique et hémianope du côté gauche qui se brûlait souvent la main avec son fer parce qu'il n'existait de ce côté ni sensibilité cutanée ni vision.

Un ouvrier de 21 ans avait reçu, le 1er mai 1895, dans une batterie, un coup de couteau dans le derrière de la tête ; il ne réussit qu'en partie à arrêter l'hémorrhagie très abondante ; il retourna seul chez lui, resta couché au lit tout le jour suivant et se plaignit de douleurs dans la nuque. Les 3, 4 et 5 mai il alla à son travail, mais il perdait beaucoup de sang par sa blessure ; il dut faire bander sa plaie. Les jours suivants il demeura couché, le 9 mai il alla chez un chirurgien et se fit appliquer un bandeau ; le lendemain il fut trop faible pour retourner chez le chirurgien ; la douleur de la nuque augmentait toujours ; il mourut le 11 mai.

Sur le cadavre on constata, à gauche, sur la *pars occipitalis ossis occipitis* une blessure béante de 3 centimètres de longueur et de 8 millimètres de largeur ; la plaie pénétrait à

---

(1) CHARPENTIER. *Examen de la vision.* Paris, 1881, 11, 13, 14, 103. Cf. *La lumière et les couleurs au point de vue physiologique.* Paris, 1888.

travers l'os ; une esquille de la lamelle interne du crâne avait pénétré dans le cerveau. Sur le lobe occipital gauche se trouvait une blessure large de 3 centimètres, entourée d'une zone de ramollissement du cerveau, qui avait pénétré dans la corne postérieure du ventricule latéral gauche ; celui-ci était en très grande partie remplie d'une sérosité claire et de masses cérébrales ramollies.

Lorsqu'il revint, le 9 mai, de chez le chirurgien, la démarche du malade était chancelante et mal assurée ; il ne put suivre que le côté *gauche* du chemin, parce qu'il ne voyait pas lorsqu'il voulait aller à *droite*.

Ce cas est une nouvelle démonstration de localisation du centre cortical du sens de la vision dans le lobe occipital. La lésion avait en effet atteint le *gyrus occipitalis superior sinister*. Aussitôt se développa une méningite et une encéphalite. Théoriquement, il devait exister une *hémianopsie homonyme droite* ; c'est bien ce qui est indiqué par ce qu'on a lu sur la façon dont le malade rentra chez lui, au retour de la maison du chirurgien. Les moitiés *gauches* des deux rétines ne fonctionnaient pas ; les moitiés *droites* fonctionnaient seules : aussi ne voyait-il pas ce qui était à sa droite, mais seulement ce qui était à sa gauche (1).

La cécité peut porter sur le sens de la *lumière* ou sur celui des *couleurs*. Dans les moitiés affectées du champ visuel, la perte de la perception de quelques couleurs (hémidyschromatopsie), ou de toutes les couleurs (hémiachromatopsie) peut précéder l'hémianopsie. Dans la migraine ophthalmique, dont les troubles transitoires (hémianopsie, cécité corticale, aphasie, anesthésie et parésie, etc.) paraissent être déterminés par des états également transitoires d'anémie de l'écorce cérébrale des *lobes temporal* et *occipital*, et plus spécialement par des anémies limitées au centre cortical de la vision, la perte du sens des couleurs peut précéder aussi celle des sens de la lumière et de l'espace. Le scotome transitoire de l'hémicranie ophthalmique est bien de nature centrale (c'est une hallucination), un trouble du centre cortical de la vision, quoique le malade voie noir, particularité que l'on croyait pouvoir invoquer pour distinguer l'hémianopsie corticale de l'hémianopsie sous-corticale. MAUTHNER, en effet, puis, d'une manière indépendante, DUFOUR, avaient théoriquement postulé que le malade atteint d'hémianopsie corticale, incapable par conséquent de percevoir aucune sensation lumineuse, ne doit rien voir dans les parties aveugles de son champ visuel, tandis que dans l'hémianopsie sous-corticale la moitié de chaque champ visuel aboli devrait être vue noire par le centre cortical, demeuré intact, de la vision centrale. D'où la possibilité des photopsies, des hallucinations, chez ces malades, dans la moitié aveugle du champ visuel, sous l'influence des états d'excitation que peuvent déterminer, dans les territoires de l'écorce, les lésions qui ont causé

(1) E. NYLANDER. *Ett rättsmedicinskt fall.* (Eira, 1895, XIX, 12.) D'après le compte rendu de WALTER BERGER, Neurol. Centralbl., 1896, 1035-6.

l'hémianopsie sous-corticale. Malgré les observations de WILBRAND et de GROENOUW, la valeur de ce critérium est aujourd'hui révoquée en doute de plusieurs côtés, par MŒBIUS, GOLDSCHEIDER, PICK (1).

La lésion de la face interne d'un lobe occipital produit toujours une cécité de la moitié correspondante des deux rétines, et par conséquent des deux yeux, *jamais* une cécité croisée, monoculaire, de l'œil opposé. Dès 1881, dans un travail où il examinait les cas de prétendus troubles unilatéraux et croisés de la vision chez des paralytiques généraux observés par FUERSTNER, WILBRAND écrivait : « Il n'existe pas jusqu'ici dans toute la littérature, et, vraisemblablement, on ne trouvera *jamais* un cas qui prouve, sans un doute possible, qu'une lésion corticale unilatérale puisse provoquer une amaurose de l'œil du côté opposé (2) ».

Les physiologistes et les cliniciens ont cru pourtant souvent avoir observé celle-ci dans les lésions d'un lobe occipital. Quelques-uns, comme NIEDEN, ont reconnu plus tard leur erreur et témoigné que le trouble de la vision qu'ils avaient cru unilatéral était en réalité bilatéral (3). Dans son mémoire sur les troubles de la vision chez les paralytiques généraux, FUERSTNER n'avait observé que des troubles unilatéraux. STENGER et d'autres auteurs ont depuis établi que chez les paralytiques généraux ces troubles de la vue étaient en réalité bilatéraux. Pour rendre raison de l'amblyopie croisée, FERRIER supposait que, si le lobe occipital est en rapport avec les moitiés de même nom des deux rétines, le gyrus angulaire ou pli courbe, centre cortical de la vision distincte, suivant ce physiologiste, serait plus particulièrement en relation avec la tache jaune de l'œil opposé. L'influence fâcheuse des idées de D. FERRIER se retrouve avec une constance presque invariable chez la plupart des physiologistes anglais, et aussi chez nombre d'auteurs français, qui n'ont connu pendant longtemps que par les livres de l'éminent physiologiste anglais les doctrines nouvelles des fonctions du cerveau. Toutes les erreurs de D. FERRIER sur la nature des fonctions du pli courbe, sur l'amblyopie croisée, etc., sont condensées comme à plaisir dans la dernière théorie du siège de la vision centrale qui ait paru en Angleterre (4). FERRIER expliquait ainsi, dans un cas l'hémianopsie homonyme, dans l'autre l'amblyopie croisée. Or, anatomiquement déjà cette conception ne soutient pas l'examen, puisqu'il n'existe aucune connexion directe du gyrus angulaire avec les radiations de GRATIOLET. Il est tout aussi contraire à l'anatomie d'essayer d'expliquer les cas d'hémianopsie et d'amblyopie croisées par des anomalies individuelles portant sur l'entre-croisement partiel du nerf optique dans le chiasma.

---

(1) A. PICK (Prag.). *Zum Symptomatologie der functionnellen Aphasien, nebst Bemerkungen zur Migraine ophthalmique*. Berl. klin. Wochenschr., 1894, n° 47.

(2) H. WILBRAND. *Ueber Hemianopsie und ihr Verhältniss zur topischen Diagnose der Gehirnkrankheiten*. Berlin, 1881.

(3) NIEDEN. *Ein Fall von einseitiger temporaler Hemianopsie des rechten Auges nach Trepanation des linkes Hinterhauptbeines*. ALBR. v. GRAFE'S Arch. f. Ophthalm., XXIX, 143, et *Nachschrift*, 271.

(4) EWENS. *A theory of cortical visual representation*. Brain, 1893. Dans le même recueil (Brain, 1892) a paru un travail de DUNN sur un cas d'hémianopsie suivi d'autopsie, dans lequel, en dépit de la lésion du gyrus angulaire, il n'y avait pas eu d'amblyopie croisée, « comme FERRIER l'admet pourtant ».

La tentative faite par Charcot pour expliquer la cécité croisée qu'on observe d'ordinaire dans l'hémianesthésie des hystériques ne fut pas plus heureuse. Comme les lésions du tractus optique, du pulvinar de la couche optique, du corps genouillé externe ne déterminent qu'une hémianopsie des deux yeux, Charcot avait supposé que, dans la région des tubercules quadrijumeaux, les faisceaux directs de la bandelette optique non entre-croisés dans le chiasma subissaient un entre-croisement, de sorte que le nerf optique, pénétrant dans le cerveau complètement croisé, une lésion unilatérale d'un hémisphère devait produire une cécité croisée sur l'œil opposé. Or cela est impossible. Une telle lésion, répétons-le, produit une hémianopsie bilatérale homonyme, non une amblyopie croisée. Aussi bien voici comment Séguin s'exprimait, en 1886, dans les *Archives de Neurologie*, sur le schéma et sur la théorie de Charcot : « Ce schéma fut fait par Charcot pour expliquer et appuyer sa théorie de la production de l'amblyopie d'un œil par lésion du lobe occipital et de la capsule interne du côté opposé. Il pensait avoir observé cette amblyopie d'un œil et non l'hémianopsie accompagnant l'hémianesthésie produite par la lésion de la capsule interne. Je regrette de dire que la théorie de mon illustre maître n'a pas été confirmée par les résultats de l'observation clinique et de l'examen anatomo-pathologique. »

En outre, comme dans l'hystérie, et dans d'autres névroses, ainsi que dans certaines affections organiques du cerveau (lésions en foyer), l'hémianesthésie sensitive s'accompagne d'ordinaire d'hémianesthésie sensorielle, et que dans ce trouble de la sensibilité générale on a souvent rencontré une lésion du tiers postérieur du segment postérieur de la capsule interne, on a soutenu qu'en ce point se trouvaient réunies toutes les voies de la sensibilité générale et spéciale (carrefour sensitif de Charcot). On expliquait ainsi la coïncidence des deux hémianesthésies, sensitive et sensorielle. Mais Bechterew, en s'appuyant sur les données de l'expérimentation et de la clinique, a judicieusement fait remarquer que, pour que les fibres olfactives, avant d'atteindre l'écorce du lobe temporal (uncus), fussent lésées par une lésion en foyer du tiers postérieur de la capsule interne, lésion qui serait capable de produire un affaiblissement du sens de l'*odorat* du côté hémianesthésique, il faudrait qu'elles pénétrassent dans la capsule interne, sinon il est impossible de rapporter, avec Charcot, à une lésion de cette partie l'hémianosmie plus ou moins nette observée dans l'hémianesthésie sensitive.

Il en est probablement ainsi pour l'*ouïe*. Ni les fibres du nerf optique, ni celles du nerf olfactif, ni celles du nerf auditif ne traversent le carrefour sensitif. Des voies centrales des organes des sens, il n'y a sans doute que celle des nerf du *goût* qui corresponde à la doctrine de Charcot. Cette doctrine, qui, dans l'anesthésie sensitive, fait dériver l'anesthésie sensorielle d'une lésion du segment postérieur de la capsule interne, en désaccord avec ce qu'on sait du trajet central de la plupart des nerfs des organes des sens, n'est plus exacte. Il reste à expliquer les faits cliniques, naturellement fort bien observés par Charcot. Ces faits, tels que les a notés

un des élèves les plus distingués du maître, CH. FÉRÉ, peuvent se résumer ainsi (1) :

1° L'intensité de l'amblyopie est toujours proportionnelle à l'intensité de l'anesthésie de l'œil ; elle est moins accusée lorsque la conjonctive est seule insensible ; elle l'est davantage si la cornée est également anesthésique ;

2° Si l'hémianesthésie n'affecte que les extrémités et laisse la face intacte, le trouble de la vision peut manquer ; mais si la face est affectée d'hémianesthésie et que les extrémités soient intactes, il y a amblyopie ;

3° Si, dans l'hémianesthésie hystérique, cette hémianesthésie elle-même est supprimée, l'amblyopie disparaît aussi.

Il en va de même dans les cas d'amblyopie croisée consécutifs à des lésions organiques du cerveau. « L'anesthésie de l'œil apparaît comme l'accompagnement obligé de l'amblyopie et *vice versa* », a écrit LANNEGRACE (2). CHARCOT, croyant porter un coup décisif à la théorie déjà presque universellement admise de l'hémianopsie bilatérale homonyme par lésion cérébrale, enseignait que « les lésions des hémisphères cérébraux qui produisent l'hémianesthésie déterminent également l'amblyopie croisée et non l'hémiopie latérale (3) ».

Ce rapport entre l'anesthésie générale et l'affaiblissement de la vue du même côté, entre l'anesthésie sensitive et sensorielle, BECHTEREW témoigne l'avoir constamment vérifié ; il l'étend même aux phénomènes du même genre observés dans le transfert et dans l'hypnose. FRANKL-HOCHWART avait noté que dans l'hystérie non accompagnée de troubles de la sensibilité le champ visuel est d'ordinaire normal, ainsi que l'acuité visuelle et la perception des couleurs, encore que celle-ci soit parfois un peu diminuée. Mais c'est surtout chez les hystériques anesthésiques que le champ visuel est concentriquement rétréci et la perception de la lumière et des couleurs abaissée. L'intensité des troubles fonctionnels de l'œil est donc bien en rapport avec ceux de la sensibilité de cet organe et de ses annexes. A. ANTONELLI a signalé aussi les troubles hystériques de la sensibilité qui accompagnent les attaques d'amblyopie et rappelé les rapports intimes de l'amblyopie transitoire avec les affections nerveuses liées à des anomalies vaso-motrices (4).

---

(1) CH. FÉRÉ. *Contribution à l'étude des troubles fonctionnels de la vision par lésions cérébrales* (1882). Cf. *Sensation et mouvement* (1887), p. 79.

(2) LANNEGRACE. *Influence des lésions corticales sur la vue.* Arch. de médecine expérim., 1889, 87 et 289.

(3) CHARCOT. *Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau* (1876, 121). Voyez la très curieuse note, p. 119, où CHARCOT a cru devoir admettre, après les recherches de LANDOLT, que dans l'hémianesthésie hystérique comme dans l'hémianesthésie cérébrale par lésion organique, l'obnubilation porte, quoique inégalement, sur les *deux* yeux, si bien que le terme amblyopie croisée, employé dans ses *Leçons*, « ne saurait, dit-il, être pris absolument au pied de la lettre. »

(4) A. ANTONELLI. *La dissociation de la vision binoculaire chez quelques strabiques et quelques hystériques*... Congrès intern. de neurologie tenu à Bruxelles, 1897. Paris, 1898, fasc. 3, p. 41-51.

Au cours de son étude sur les *Troubles centraux unilatéraux de la vision dans l'hystérie,* Knies a rappelé la nature de ces troubles, accompagnant l'hémianesthésie sensitive du corps en général et en particulier de l'œil et de ses annexes (cornée, conjonctive, etc.) : diminution de l'acuité visuelle centrale, presque toujours avec rétrécissement concentrique du champ visuel et altération de la sensibilité chromatique, le fond de l'œil étant normal et l'état des pupilles variable, sans lésion anatomique correspondante connue. Ces troubles peuvent être modifiés par des influences psychiques, et, en dépit d'un rétrécissement souvent extrême du champ visuel, la faculté d'orientation persiste. La principale objection contre l'hypothèse d'une origine cérébrale de ces troubles unilatéraux de la vision est de nature anatomique. A partir du chiasma, en effet, on ne connaît aucune lésion des conducteurs ou des centres optiques qui détermine un trouble visuel unilatéral. L'hypothèse d'un chiasma postérieur, inventée par Charcot pour échapper à ce fait, inconciliable avec l'amblyopie croisée de cause centrale, a depuis longtemps vécu. Voici maintenant l'hypothèse de Knies : la cause prochaine de ce trouble unilatéral de la vision chez les hystériques est localisée dans l'appareil optique périphérique ; la cause efficiente est centrale : c'est un trouble cérébral d'innervation vasculaire (1).

Toute activité du cerveau est accompagnée de processus vaso-moteurs : l'action de ces processus sur l'organe ou le membre auquel arrive le courant nerveux centrifuge est de nature vaso-constrictive. L'ablation ou la destruction de tout un hémisphère cérébral est suivie, entre autres symptômes, d'une paralysie hémilatérale du sympathique de la tête. Dans l'hystérie, la perte de cette action vaso-constrictive exercée à l'état normal par les courants nerveux centrifuges de l'écorce déterminera une vaso-dilatation vasculaire de certains territoires périphériques : sur ce point, le calibre des vaisseaux augmentera, et si, comme cela a lieu pour le nerf optique, au passage du *foramen opticum,* les nerfs éprouvent une compression mécanique, celle-ci se traduira, du côté correspondant, par un trouble ou une abolition transitoire de la conduction, et partant de la fonction de l'organe des sens considéré. Ainsi s'expliquera l'unilatéralité de l'altération fonctionnelle. La dilatation des vaisseaux, dont la cause est bien centrale, déterminera donc sur les fibres périphériques du nerf optique, à leur passage dans le *foramen,* une compression de la myéline de ces fibres situées à la périphérie de ce nerf, en respectant davantage celles du faisceau maculaire qui occupent dans le nerf une position centrale. Lober, dans ses études sur les amblyopies hystériques, aurait constaté ces altérations de la myéline sur les fibres du nerf optique dans la région du *foramen opticum.* La compression de la myéline d'un nerf peut déterminer un trouble allant jusqu'à l'abolition de la conduction de ce nerf sans que le cylindraxe soit détruit. Aussi, quand la dilatation vasculaire, c'est-à-dire la cause du trouble fonctionnel, vient à cesser, l'effet disparaît également, subitement. L'hystérie serait donc, d'après Knies, et par excellence, « un trouble d'innervation vaso-motrice d'origine cérébrale ». Beaucoup d'autres symptômes de l'hystérie s'expliqueraient par cette cause, sans parler du sommeil (2).

Avant d'exposer l'interprétation qu'a donnée de ces fait Bechterew, rappelons, avec le physiologiste russe, les expériences de Lannegrace sur

(1) Knies. *Die einseitigen centralen Sehstörungen und deren Beziehungen zur Hysterie.* Neurol. Centralbl., 1893, 570 sq.

(2) Knies. *Die Beziehungen des Sehorgans und seiner Erkrankungen zu den übrigen Krankheiten des Körpers und seiner Organe.* Wiesbaden, 1893.

les rapports et sur la dépendance de l'anesthésie générale et spéciale. Ces expériences, qui ont porté sur l'écorce du lobe pariétal et sur la région du segment postérieur de la capsule interne, ont établi une fois de plus l'étroite corrélation existant entre l'amblyopie et l'anesthésie de l'œil : la cause de la coexistence de ce phénomène depuis longtemps connu est restée inconnue. Au cours de ses expériences de lésions destructives du lobe pariétal, Bechterew avait observé aussi, outre de l'amblyopie de l'œil opposé, de l'anesthésie du même côté, y compris celle du globe de l'œil. L'observation clinique confirmait ces résultats de l'expérimentation : l'amblyopie dépendait de l'anesthésie de la capsule oculaire. La section de la racine sensible ou ascendante du trijumeau, en déterminant l'anesthésie tactile et dolorifique de la moitié de la face et de la tête, avec amblyopie du côté anesthétique, et diminution de la sensibilité des autres organes des sens de ce même côté — quoique la racine du trijumeau fût seule coupée — éclaira comme d'un trait de lumière la théorie. Il était démontré que l'amblyopie peut être provoquée par lésion d'un nerf de sensibilité générale dont les rameaux se distribuent à la face et en particulier à la capsule oculaire. De plus la diminution de fonction des autres organes des sens est en rapport avec l'anesthésie des surfaces de ces organes. De même en clinique : toujours, du côté anesthésique de la face, il existe un affaiblissement plus ou moins accusé des fonctions de la vision et de celles des autres modes de sensation. Voilà qui explique, d'après Bechterew, la production de l'amblyopie, et, en général, de l'anesthésie sensorielle, dans les cas d'anesthésie unilatérale de la face et des organes des sens, d'origine cérébrale, c'est-à-dire dans les cas de lésions de l'écorce et de la région du tiers postérieur de la capsule interne, — mais sans affection des conducteurs spéciaux des organes des sens, du nerf optique, du nerf acoustique, etc., non plus que des centres corticaux ou sous-corticaux de ces organes.

Mais comment l'anesthésie de la face peut-elle entraîner une diminution fonctionnelle des organes des sens ? La clinique et l'expérimentation enseignent que la nutrition d'un organe n'est parfaite qu'à la condition que les nerfs de sensibilité et de mouvement qui s'y distribuent, et surtout les nerfs vaso-moteurs, soient dans un état normal. Que l'origine des troubles soit périphérique ou centrale, l'effet sera le même. Mathias Duval et Laborde ont prouvé qu'une lésion de la racine ascendante du trijumeau détermine des troubles de la nutrition de l'œil, et il ressort des travaux de Lannegrace que des troubles de même nature dérivent des lésions de l'écorce. Tout trouble dans la nutrition d'un organe périphérique de la sensibilité se traduira par une altération fonctionnelle correspondante, c'est-à-dire par une altération de la perception. Et il n'y a pas

de doute, pour Bechterew, que ce trouble de nutrition, cause de l'anesthésie sensorielle, ne dépende d'une irrigation sanguine insuffisante de l'organe. D'où l'importance capitale, attribuée, selon nous, avec raison, à l'état du système nerveux vaso-moteur pour l'interprétation étiologique de l'amblyopie, et, en général, de l'anesthésie sensorielle, dans l'hémi-anesthésie sensitive.

Au lieu de diminuer, l'acuité de la perception peut au contraire augmenter, si l'afflux du sang est considérable dans les organes des sens spéciaux et sur les surfaces de la peau et des muqueuses servant à la perception des excitations tactiles, etc. Sous l'influence de la contraction des vaisseaux, déterminée par le froid, la perception des excitations cutanées diminue, on le sait, jusqu'à l'anesthésie, tandis qu'elle s'exalte jusqu'à l'hyperesthésie sous l'action des causes faisant dilater les vaisseaux (chaleur, sinapisme, etc.). La sensation de froid, l'absence de sécrétion de sueur, l'analgésie, le défaut d'hémorrhagie consécutive aux plus profondes piqûres chez les hystériques s'explique, comme l'anesthésie, par le rétrécissement des plus fins vaisseaux artériels de la surface de la peau. La réalité de cet état de spasme vasculaire dans l'hémi-anesthésie des hystériques résulte encore de recherches spéciales sur la déperdition de chaleur du côté insensible du corps, sur la plus grande résistance qu'y rencontre le courant électrique, etc. Dans l'anesthésie dite d'origine organique, centrale, provoquée et réalisée expérimentalement chez les animaux, les territoires cutanés frappés d'insensibilité sont aussi d'une température inférieure aux autres territoires.

La rétine hyperhémiée est d'une très grande excitabilité; l'anémie émousse et éteint les fonctions de ce centre nerveux périphérique. Un rapport semblable existe entre l'acuité des sensations de l'*olfaction*, du *goût* et sans doute de l'*ouïe*, et l'état de l'irrigation sanguine de la cavité nasale, de la langue et de l'oreille interne. Une *anesthésie de la peau et des muqueuses* ne détermine donc une *anesthésie de la rétine*, une amblyopie de l'œil du côté correspondant à ce trouble de la sensibilité générale, qu'en appauvrissant la nutrition des éléments anatomiques de cet organe qu'impressionnent les stimuli externes des sensations lumineuses et chromatiques, et cela uniquement en vertu de troubles vaso-moteurs, par une irrigation insuffisante de l'organe périphérique de la vision. Ce spasme artériel, Bechterew témoigne l'avoir souvent observé sur les vaisseaux de la rétine dans l'amblyopie nettement constatable qui accompagne l'anesthésie. Le même savant ajoute que les organes des sens les plus importants, tels que la *vue* et l'*ouïe*, possèdent des appareils spéciaux d'adaptation (zonule de Zinn, muscle ciliaire de l'œil, muscle *tensor tympani* de l'oreille, etc.) dont les fonctions régulatrices doivent, jusqu'à un certain

degré, dépendre de la conservation de la sensibilité générale de ces organes. Si les contractions du muscle tenseur du tympan sont sous l'influence des réflexes partis de cette membrane, l'anesthésie de celle-ci, en modifiant les réflexes qui régularisent les ajustements du muscle, déterminera une perception défectueuse des impressions auditives. Pour les organes de l'*odorat* et du *goût*, outre la sécheresse de la muqueuse résultant des troubles vaso-moteurs dont nous parlons, il ne faut pas oublier que les « impressions spécifiques perçues par ces organes ne sont pas tout à fait absolument différenciées des impressions tactiles et des sensations de la sensibilité générale (*Allgemeingefühl*) : ces impressions peuvent donc, en partie du moins, dépendre immédiatement des nerfs sensitifs ». Bref, cette théorie de Bechterew, telle que nous venons de l'exposer, dans les termes mêmes de l'auteur (1), sur les rapports de l'anesthésie sensitive et des anesthésies sensorielles, explique l'amblyopie croisée dans l'hémianesthésie symptomatique de certaines névroses ou d'affections organiques du cerveau, sans que ni les conducteurs optiques, ni les centres primaires optiques, ni le territoire calcarinien du lobe occipital puissent être considérés comme cause de cette grave altération fonctionnelle du sens de la vue. C'est à un trouble de l'innervation vaso-motrice, c'est à une anémie de l'organe périphérique de la vision, suite de l'anesthésie cutanée s'étendant à cet organe, comme aux autres organes des sens, qu'il faudrait attribuer l'anesthésie sensorielle. Ni la doctrine du carrefour sensitif, ni l'hypothèse d'un entrecroisement complémentaire des faisceaux directs des bandelettes optiques en arrière « ou peut-être dans les tubercules quadrijumeaux », ne sauraient plus, en tout cas, être invoquées pour expliquer l'amblyopie croisée ou unilatérale soit dans les névroses, soit dans les lésions organiques du lobe occipital.

L'hémianopsie de cause centrale n'est donc jamais monoculaire. L'hémianopsie monoculaire, temporale ou nasale, peut résulter d'une lésion par compression des côtés interne ou externe des fibres visuelles du nerf optique avant l'entrecroisement partiel dans le chiasma. Par le fait de cette lésion, qui affecte en même temps les fibres pupillaires de ce nerf, la pupille de l'œil correspondant ne réagira que faiblement ou ne réagira pas à l'éclairage direct, mais elle réagira synergiquement à l'éclairage de l'autre œil, non affecté, les voies réflexes étant libres du côté du nerf optique intact, ainsi que la voie centrifuge qui des centres réflexes va à l'iris de

---

(1) Bechterew. *Ueber die Wechselbeziehung zwischen der gewöhnlichen und sensoriellen Anästhesie (Functionsabnahme der Sinnesorgane) auf Grund klinischer und experimenteller Daten.* Neurol. Centralbl., 1894. Cf. ibid. *Aus der Gesellschaft der Neuropath. und Psychiater an der Universität zu Kasan.* Sitz, 13 déc. 1892.

l'œil affecté : bref, on observe la réaction consensuelle des deux pupilles. Les cellules nerveuses d'origine des fibres pupillaires sont certainement dans la rétine. Le réflexe pupillaire peut être déterminé par chaque point de la rétine. Des deux sortes de fibres, de calibre différent, qui se trouvent dans le nerf optique, GUDDEN (1882) avait vu les plus fines aller, chez les mammifères, aux tubercules quadrijumeaux antérieurs, les plus épaisses se terminer dans le corps genouillé externe, après avoir subi, les unes aussi bien que les autres, un entrecroisement partiel dans le chiasma. Quelles étaient les *fibres visuelles* ? Quelles étaient les *fibres pupillaires* ? Chez l'homme, KEY et RETZIUS ont constaté l'existence de ces deux systèmes de fibres dans le nerf optique et dans le chiasma. Mais au delà, quelle place occupent les fibres pupillaires dans les tractus ? Elles ne se trouvent certainement pas dans le faisceau des radiations optiques occipitales. Dans la cécité complète ou corticale, résultant d'une hémianopsie double ou bilatérale, due à des lésions des deux lobes occipitaux, le réflexe pupillaire lumineux est conservé. HENSCHEN admet sans hésiter la présence des fibres pupillaires dans le tractus optique, au moins jusqu'à la hauteur du corps genouillé externe, où ces fibres ne pénètrent pas : la réaction pupillaire hémiopique ne saurait donc être provoquée par une lésion du corps genouillé externe (1). BECHTEREW estime, au contraire, que, dès le chiasma, les fibres pupillaires s'écartent du tractus pour aller dans la paroi du troisième ventricule (CHRISTIANI, MŒLI). Les expériences instituées à ce sujet sur les oiseaux par le physiologiste russe sont des plus intéressantes (2). La cécité croisée, déterminée chez ces vertébrés par la destruction d'un des *lobi optici*, laisse intacte la contractilité à la lumière de la pupille de l'œil aveugle. C'est qu'avant de pénétrer dans les lobes optiques avec les fibres visuelles, les fibres pupillaires se sépareraient du tractus et iraient directement à la région des noyaux du nerf de la troisième paire.

Chez les mammifères, après la section du tractus optique, BECHTEREW a vu les deux pupilles réagir à la lumière. Chez l'homme, dans des cas de cécité due à la destruction des tubercules quadrijumeaux par compression d'une tumeur de la glande pinéale, le même auteur a constaté la persistance du réflexe lumineux pupillaire. Dans la paralysie générale et dans le tabes, la pupille peut avoir perdu le *réflexe lumineux* et conserver celui de l'*accommodation* et de la *convergence*, ni la vue, ni les mouvements de l'œil n'ayant d'ailleurs subi aucune altération. Les fibres pupillaires, absolument distinctes des fibres visuelles, ont donc, à partir d'un certain point, un trajet également séparé de celui des fibres visuelles. Quant à ce trajet, d'après DARKSCHEWITSCH, les fibres pupillaires, au sortir du

(1) HENSCHEN. *Klin. und anat. Beiträge zur Pathologie des Gehirns*, III, 100 sq.
(2) BECHTEREW. *Ueber pupillenverengernde Fasern*. Neurol. Centralbl., 1894, 802.

tractus optique, passent devant le corps genouillé externe dans la direction du ganglion de l'habénule d'où, par le *thalamus opticus* et le *pedunculus conarii*, il gagne la glande pinéale, puis, par la commissure cérébrale postérieure, le groupe supérieur des noyaux du moteur oculaire commun. La théorie de Mendel, quoiqu'elle reposât sur des expériences physiologiques originales, n'était qu'un cas de celle de Darkschewitsch. Chez les reptiles et les poissons, Edinger a découvert une racine du nerf optique issue d'un noyau de la base du cerveau qui correspondrait au corps mamillaire : ce noyau est relié au ganglion de l'habénule, origine du nerf optique de l'œil pariétal des reptiles. Chez l'homme, où la glande pinéale n'est que le rudiment d'un troisième œil, cet organe est en rapport avec la commissure postérieure du cerveau. Selon Bechterew (1883, 1894), immédiatement derrière le chiasma, les fibres pupillaires centripètes pénètrent sans entre-croisement dans la substance grise centrale tapissant la cavité du troisième ventricule, pour se rendre ensuite aux noyaux du moteur oculaire commun : c'est dans un de ces noyaux que serait le centre réflexe des fibres pupillaires. Mais Flechsig et Bogrow ont signalé aussi des fibres qui vont du tractus optique à la substance grise centrale du troisième ventricule et se termineraient également dans les noyaux de l'oculo-moteur commun : Bogrow considère ces faisceaux comme servant au réflexe lumineux des pupilles. Il existe donc au moins deux faisceaux qui vont du tractus optique à la région de la substance grise centrale du troisième ventricule. On ne sait encore rien de certain sur les rapports de l'un ou de l'autre de ces faisceaux avec les noyaux du moteur oculaire commun (1).

La réaction hémiopique pupillaire (Wernicke) fait partie du chapitre des hémianopsies. L'arc réflexe du réflexe lumineux des pupilles serait ainsi constitué (Pick) : *centre réflexe*, localisé sans doute dans le groupe supérieur des noyaux du moteur oculaire commun ; *voie nerveuse centripète* : nerf optique, chiasma, tractus (Henschen), tubercules quadrijumeaux (Meynert), noyaux de la troisième paire. Une lésion des fibres visuelles du tractus optique, par exemple, affectant en même temps, sur les deux moitiés homonymes des deux rétines, les fibres pupillaires qui déterminent le réflexe lumineux de la pupille, si l'on éclaire, en évitant toute diffusion de la lumière, les deux moitiés anesthésiques des rétines, les pupilles ne se contractent pas ; si la lumière tombe sur les deux moitiés sensibles des rétines, le réflexe pupillaire aura lieu : c'est la *réaction pupillaire hémiopique*. Nous avons déjà reproduit les termes du diagnostic différentiel de Wernicke. Des recherches étendues ont été faites sur le

---

(1) Karplus a pu constater qu'au cours des attaques hystériques, les pupilles sont, pendant plusieurs secondes, dilatées et complètement rigides. On n'avait guère jusqu'ici pu constater ce fait avec une exactitude suffisante. Au moyen d'un dispositif très simple, familier à tout ophthalmologiste, Karplus a pu observer avec précision l'état des pupilles pendant les accès. Dans un cas, la rigidité se produisit en même temps que les spasmes généraux, souvent elle les précédait de quelques secondes et persistait ensuite durant plusieurs secondes. De même dans deux autres cas. Les deux pupilles présentaient toujours en même temps cet état. Les attaques étaient bien de nature hystérique (*).

(*) P. Karplus. *Ueber Pupillenstarre im hysterischen Anfalle*. Aus der Klinik von Prof. v. Krafft-Ebing in Wien. Vorläufige Mittheilung. Wiener klin. Wochenschr., 1896.

compris l'homme, dont les champs visuels coïncident, les nerfs optiques ne subissent qu'un entrecroisement partiel. L'entrecroisement partiel des nerfs optiques existe incontestablement chez le cheval, animal à vision binoculaire. Après l'énucléation d'un œil, les dégénérations s'étendent, pour la plus grande part, dans le tractus opposé et intéressent le *faisceau croisé*; pour la plus petite, dans le tractus du côté correspondant et affectent le *faisceau direct* ou *non croisé (fasciculus non cruciatus, fibrae non cruciatae)*, lequel est moins considérable. Si donc, consécutivement à une extirpation unilatérale d'un bulbe oculaire, l'existence de fibres dégénérées dans les deux tractus optiques implique celle d'un entre-croisement partiel, et que l'entre-croisement partiel doive être postulé comme le substratum anatomique de la vision binoculaire, il est prouvé que, chez le cheval, l'acte de la vision est binoculaire. Après Bernheimer, Schlagenhaufer, etc., parmi les auteurs les plus récents (1896 et 1897), H. Dexler montre une fois encore en quelle erreur est tombé et persiste Kölliker (1).

T. Teljatnik a démontré une fois de plus, de son côté, la réalité de l'entre-croisement partiel des fibres des nerfs optiques chez un chien dont l'œil gauche était atrophié depuis un temps assez long : le nombre des fibres qui s'entre-croisent est notablement le plus considérable. Les fibres qui ne s'entre-croisent pas occupent, dans le tractus optique, les parties centrales, celles qui s'entre-croisent la partie antéro-interne de cette bandelette. Les faits expérimentaux, anatomo-pathologiques et cliniques ne laissent, depuis longtemps, aucun doute sur ce point de fait et de doctrine. D'après Bechterew, qui a pris part à la discussion de cette communication, la démonstration est complète (2). Pourtant, ainsi qu'il le remarque, il existe toujours des adversaires de cette doctrine.

« La question de l'entre-croisement *total* ou *partiel* des nerfs optiques chez l'homme est résolue en faveur de l'*entre-croisement partiel* par la démonstration anatomique, écrit Fr. Schlagenhaufer : un schéma, construit d'après ce principe, explique *toutes* les hémianopsies (3) ». L'*atrophie tabétique des nerfs optiques* doit probablement avoir pour cause une atrophie par compression au *foramen opticum*.

Au point de vue physiologique, les expériences de Gudden, de Nicati, de Bechterew, de David Ferrier, etc., ne permettent pas de douter de l'existence d'un *entre-croisement partiel* des nerfs optiques dans le chiasma des mammifères supérieurs. Les faits produits contre cette doctrine par les anatomistes, tels que Kölliker, et par quelques cliniciens, ne sauraient être ici, conclut Bechterew, qui a rappelé et confirmé les résultats des travaux antérieurs, des preuves décisives. Les expériences des physiologistes à ce sujet devraient d'abord être arguées d'inexactitude, avant qu'il fût permis de rien affirmer à l'encontre et de soutenir la doctrine adverse, celle d'un entre-croisement complet des nerfs optiques dans le chiasma. Le plus grand nombre des cliniciens n'hésitent plus à cette heure sur la réalité, chez l'homme, d'un entre-croisement incomplet. C'est là une question qu'il sera bientôt temps, s'il n'en est déjà temps, de « rayer de l'ordre du jour de la science (4) ».

---

(1) H. Dexler. *Untersuchungen über den Faserverlauf im Chiasma des Pferdes und über den binoculären Sehact dieses Thieres.* Jahrbücher f. Psych. u. Neurol., 1897, XVI, 179-196.

(2) *Ueber Kreuzung der Opticusfasern.* Wissensch. Versamml. d. Aerzte d. St. Petersb. Klinik f. Nerv. u. Geisterkr. Sitz. v. 24 oct. 1896. Neurol. Centralbl., 1897, 521.

(3) Friedrich Schlagenhaufer. *Anatomische Beiträge zum Faserverlauf in den Sehnervenbahnen u. Beitrag zur tabischen Sehnervenatrophie.* Jahrbücher f. Psych. u. Neurol... in Wien, 1897, XVI, 1 sq.

(4) W. v. Bechterew. *Die partielle Kreuzung der Sehnerven in dem Chiasma höherer Säugethiere.* Neurol. Centralbl., 1898, 199 sq.

Les observations de Ramon y Cajal (1) sur le chiasma des *Poissons*, étudié avec la coloration au bleu de méthylène, confirment l'opinion classique : l'entre-croisement des nerfs optiques est total ; il a lieu, chez les téléostéens, à angle aigu, et chaque nerf, au niveau du chiasma, conserve son individualité. Il en est de même chez les *Batraciens*; chaque nerf optique s'entre-croise en un angle obtus ; il n'y a pas, comme chez les Poissons, une pure juxtaposition des fibres au niveau du chiasma; leur décussation est successive ; elles conservent en général dans la bandelette optique la position qu'elles avaient dans le nerf optique. Chez les *Reptiles,* même description que pour le chiasma des Batraciens : l'entre-croisement est total et on ne surprend, avec la méthode d'Ehrlich, aucune bifurcation fibrillaire ; à une certaine distance du chiasma, les bandelettes optiques émettent un grand nombre de bifurcations et de collatérales : ces divisions correspondent à la région du corps genouillé. Dans les *Oiseaux,* les fibres des nerfs optiques sont beaucoup plus nombreuses que chez les Reptiles, et elles sont d'autant plus fines que la taille de l'animal est moins grande. Ainsi le diamètre de la plupart des fibres optiques de l'hirondelle est d'un tiers inférieur à celui du poulet. Ce fait est important, et Cajal estime qu'il « nous enseigne que l'acuité visuelle et différentielle peut être égale ou presque égale dans des rétines d'étendue fort différente ». Les fibres s'entre-croisent dans le chiasma en passant d'un côté au côté opposé ; en entrant dans le lobe optique, les fibres de la bandelette optique divergent en éventail et conservent leur individualité jusqu'au corps genouillé. Enfin, chez les *Mammifères,* les fibres directes ou homolatérales de l'*opticus* sont des plus nettes, non avec les méthodes d'Ehrlich et de Golgi, mais avec celle de Marchi : on les peut suivre chez les rongeurs mêmes, chez le lapin, le rat et le cobaye, où le faisceau croisé prédomine presque exclusivement jusqu'au corps genouillé externe et au pulvinar; mais elles manquent ou sont très rares, dit Cajal, dans le tubercule quadrijumeau antérieur. Chez l'homme, d'après Cramer, chaque nerf optique serait relié aux deux tubercules quadrijumeaux antérieurs (couche zonale et substance grise superficielle), avec le tubercule opposé pour le faisceau croisé, avec le tubercule homolatéral, pour le faisceau direct. Les coupes provenant des expériences de dégénération réalisées par Cajal démontrent que les fibres homolatérales du nerf optique sont très nombreuses chez le chat et apparaissent nettement avec la méthode d'Ehrlich et de Golgi comme avec celle de Marchi. L'irrégularité des

(1) S. Ramón y Cajal. *Estructura del Kiasma óptico y teoria general de los entrecruzamientos de las vias nerviosas.* Rev. trimestr. microgr., 1898, III, 15-65.

mode de réaction de l'iris des oiseaux et des reptiles aux différents poisons : l'action paralysante ou excitante de ces substances a été étudiée sur les terminaisons de l'oculo-moteur commun dans le *sphincter pupillæ* et sur celles du trijumeau dans le *dilatator pupillæ* (1). Enfin CH. FÉRÉ a noté, dans les hallucinations de la vue, les changements de dimensions de l'orifice pupillaire, évidemment en rapport avec les efforts d'accommodation provoqués par l'éloignement ou le rapprochement des images hallucinatoires (2).

Suivant la localisation des diverses compressions exercées sur le chiasma, on observe de l'*hémianopsie bitemporale,* correspondant à la perte de fonction du faisceau croisé de l'opticus, ou interne, de l'*hémianopsie nasale,* si le faisceau externe de l'opticus, ou direct, est lésé à l'angle externe du chiasma, et une double lésion de ce genre produira de l'hémianopsie binasale, enfin de l'*hémianopsie supérieure* ou *inférieure* selon que le chiasma est comprimé d'en haut ou d'en bas. Depuis les recherches de GUDDEN et de GANSER sur les mammifères (lapins et chats), il n'y a plus que MICHEL et KÖLLIKER, qui, aujourd'hui encore (3), persistent à soutenir l'existence d'un entrecroisement total des nerfs optiques, non seulement chez ces mammifères, mais chez l'homme. SINGER et MÜNZER (4), après énucléation d'un œil et examen, trois semaines après, avec la méthode de MARCHI, des nerfs optiques, du chiasma et des bande-

---

(1) H. MEYER. *Ueber einige pharmakologische Reactionen der Vogel und Reptilieniris.* Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol., XXIII, 101.

(2) CH. FÉRÉ. *Les signes physiques des hallucinations*. Rev. de médecine, 1890, 758.

(3) Soc. ophthalmol. de Heidelberg, 29e session, août 1895. Encore en 1896, KÖLLIKER lui-même s'est appuyé sur des préparations de chiasmas des nerfs optiques normaux de différents mammifères et de l'homme (WEIGERT-PAL) pour soutenir la doctrine de l'entre-croisement *total* des fibres optiques. Cf. *Handbuch der Gewebelehre des Menschen*, 6te Aufl.

(4) J. SINGER et E. MÜNZER. *Beiträge zur Kenntniss der Sehnervenkreuzung (Denkschrift der mathem.-naturwiss. Classe d. K. Akad. d. Wiss.* Wienne, 1888). L'entre-croisement partiel ou la semi-décussation des fibres des nerfs optiques dans le chiasma avait été admis par NEWTON (*Optice*, l. III, quaestio XV, p. 298-9. Latine reddidit SAMUEL CLARKE. Lond., 1706). « Les images des « objets vus des deux yeux ne s'unissent-elles pas dans l'endroit où les nerfs optiques se rencontrent « avant que d'entrer dans le cerveau, les fibres du côté *droit* des *deux* nerfs se réunissant là, et allant « ensuite conjointement au cerveau *par le nerf qui est au côté droit de la tête ;* les fibres du côté « *gauche* des *deux* nerfs se réunissant aussi au même endroit, et allant ensuite conjointement au « cerveau *par le nerf qui est au côté gauche de la tête ?* ces deux derniers nerfs ne se trouvent- « ils pas tellement unis ensemble dans le cerveau, que leurs fibres n'y tracent qu'*une seule image* « *entière, dont la moitié droite, qui est au côté droit du sensorium, vient du côté droit des* « *deux yeux par le côté droit des deux nerfs optiques à l'endroit où ces nerfs se réunissent,* « *et, de là, dans le cerveau, par le côté droit de la tête ;* et l'autre moitié, qui est au côté gauche « du sensorium, vient de la même manière du côté gauche des deux yeux ?

« Car les *nerfs optiques* des animaux qui, des deux yeux, regardent le même objet (comme font « les hommes, les chiens, les brebis, les bœufs, etc.) se réunissent avant que d'entrer dans le cerveau « — au lieu que les nerfs optiques des animaux qui ne regardent pas des deux yeux le même objet — « (comme les poissons et le caméléon), ne se réunissent point, si j'ai été exactement informé du fait. »

lettes, ont trouvé un entre-croisement total des nerfs optiques chez les pigeons, les hiboux, les souris, les cobayes, mais partiel chez le lapin, le chien et le chat : chez le premier de ces derniers mammifères, le faisceau direct est très faible ; il est plus fort chez le second, et, chez le troisième, les auteurs ont pu suivre ce même faisceau jusqu'au corps genouillé externe.

L. JACOBSOHN a repris, sans les connaître, les expériences de SINGER et MÜNZER, et est arrivé, avec la méthode de MARCHI, aux mêmes résultats (sinon pour le lapin) pour le *singe* : l'entre-croisement *partiel* dans le chiasma des fibres optiques. Pour *l'homme*, au dernier Congrès d'ophthalmologie de Heidelberg (5-8 août 1896), SCHMIDT-RIMPLER a montré des préparations provenant d'un homme qui, treize ans avant sa mort, avait contracté une phtisie de l'œil droit : toutes les fibres du nerf optique droit étaient atrophiées, celles du nerf optique gauche normales. Or dans les *deux* tractus il y avait des faisceaux atrophiés et la dégénérescence se poursuivait dans les deux tractus jusque dans l'écorce ducerveau (1).

Le 13 novembre 1897, JACOBSOHN a présenté, à la Société de psychiatrie et des maladies nerveuses de Berlin, les préparations de chiasma optique qu'il avait faites, en 1896, à propos du discours prononcé par KÖLLIKER au Congrès des anatomistes de Berlin sur l'entre-croisement des fibres optiques. Ces préparations provenaient de chiasmas de cobayes, lapins, chats et singes. Un œil avait été énucléé, et, après 3 ou 4 semaines, le chiasma avait été traité par la méthode de MARCHI, car cette méthode (et voilà pourquoi elle a été préférée à celle de WEIGERT-PAL) teint positivement les fibres dégénérées depuis peu et ne colore pas le tissu normal, ce qui permet de poursuivre les fibres dégénérées. Les coupes pratiquées par le chiasma en grande partie horizontalement font voir nettement que, chez le *cobaye*, il y a un entre-croisement total des nerfs optiques. — Chez le *lapin*, la plus grande partie des fibres du nerf optique passe au tractus du côté opposé, alors que quelques fibres isolées demeurent du même côté ; il n'existe certainement pas, chez le lapin, un faisceau compact de fibres centripètes non croisées. — Chez le *chat*, au contraire, outre les fibres qui s'entre-croisent en grand nombre, une part considérable va au tractus du même côté : le nombre de ces dernières est à peu près aussi grand que celui des fibres croisées. — Chez le *singe*, les dispositions se rapprochent de celles qui ont été décrites chez l'homme : le faisceau des fibres qui s'entre-croisent est surtout du côté interne, celui des fibres directes du côté externe du tractus. Toutefois un certain nombre de fibres s'écartent dans leur trajet ultérieur de ces faisceaux. Au WEIGERT-PAL, il semble que ces fibres passent toutes du côté où l'entre-croisement a lieu. C'est cette dernière circonstance qui a conduit KÖLLIKER à admettre un entre-croisement complet des fibres des nerfs optiques. Sur les préparations au MARCHI, on voit qu'une partie de ces fibres ne vont pas du côté croisé, mais vont au tractus du côté correspondant. JACOBSOHN démontre qu'il a suivi le trajet des nerfs optiques jusqu'aux *tubercules quadrijumeaux*, au *corps gen. ext.*, au *thalamus*. Le tractus des fibres optiques dégénère « sur tout le trajet qui conduit à ces centres et dans ces centres du *côté opposé* à l'œil énucléé chez les cobayes : chez les chats et les singes ce processus est des plus nets *des deux côtés* (2).

Chez le cheval, H. DEXLER a fait une série d'observations et d'expériences qui permettent de confirmer une fois de plus la loi de GUDDEN, à savoir, que chez tous les animaux, y

(1) Neurol. Centralbl., 1896, 838-40, 960. *Zur Frage der Sehnervenkreuzung.*
(2) Neurol. Centralbl., 1898, 34.

par Henschen sont en désaccord absolu avec cette hypothèse. Ils sont, au contraire, favorables à la *doctrine de la projection de la rétine sur le centre optique*, théorie déjà soutenue et toujours défendue par Henschen.

5. Il est établi que, dans les corps genouillés externes, chaque fibre rétinienne s'arborise à proximité des dendrites de plusieurs cellules endogènes de ces ganglions. On pouvait donc croire que le courant nerveux pouvait rayonner uniformément dans toutes les directions, et qu'une sensation de la vue se propageait ainsi par un grand nombre de voies. Or le cas décrit ici par Henschen prouve, au contraire, que *la connexion des arborisations cylindraxiles des fibres rétiniennes dans les dendrites des cellules du corps genouillé est « très strictement limitée »*. Et, en réalité, la durée et la *constance de ce petit scotome d'origine intracérébrale* ne rend-elle pas manifeste que *la conduction nerveuse n'a lieu et ne se propage au centre cortical de la vision que dans une direction définie et, de tous points, déterminée ?*

Les cas d'hémianopsie bitemporale par tumeur ou hypertrophie de l'hypophyse dans l'acromégalie ne sont pas très rares (1). L'atrophie des fibres visuelles par compression du chiasma peut résulter aussi d'une hydrocéphale interne. Au delà du chiasma, les lésions des bandelettes optiques déterminent toujours et nécessairement, ainsi que celles des corps genouillés externes, des radiations optiques et du territoire calcarinien, l'hémianopsie bilatérale homonyme.

Ce n'est ni la physiologie, ni la clinique, c'est l'anatomie pure qui a découvert les origines centrales du nerf optique et les rapports de ce nerf avec le cerveau. Nous avons, à ce sujet, rappelé le grand nom de Pierre Gratiolet, et cité les termes mêmes dans lesquels il annonçait, en 1854, à l'Académie des sciences, sa découverte. Gratiolet, suivant les fibres visuelles de leur ganglion d'origine jusqu'à l'écorce des lobes pariétal et occipital, est bien le véritable précurseur de la théorie de la vision mentale, quoique les idées de Flourens, bien plus que les siennes propres, l'aient empêché d'admettre une localisation fonctionnelle de la vision dans un lobe du cerveau. Le faisceau optique, qu'avait vu le premier Pierre Gratiolet, admis par Meynert, a été décrit, on le sait, par Wernicke, avec une science aussi étendue que profonde. Aussi associe-t-on quelquefois, pour désigner le faisceau des radiations optiques, le nom de Wernicke au nom de Gratiolet. Presque en même temps que Gratiolet, en 1855, Bartolomeo Panizza, au cours d'une étude à la fois anatomique, expérimentale et clinique, indiquait « les faisceaux de fibres issus des circonvolutions cérébrales postérieures » comme concourant à la formation du nerf optique. Au point de vue expérimental, il avait observé qu'une lésion intéressant les faisceaux qui, du pulvinar de la couche

(1) R. Boltz (Breslau). *Ein Fall von Akromegalie mit bitemporaler Hemianopsie.* Deutsche medicin. Wochenschrift, 1892, n° 27.

optique, viennent s'épanouir dans les « circonvolutions postérieures », détermine toujours la cécité de l'œil opposé (il croyait à l'entre-croisement total des nerfs optiques dans le chiasma), et, si la lésion est bilatérale, la cécité complète, « sans qu'il en résulte aucun désordre dans les autres fonctions cérébrales ». Quant aux faits pathologiques, PANIZZA a vu des atrophies secondaires du nerf optique, des centres primaires optiques et des circonvolutions du « cerveau pariéto-occipital » chez des sujets devenus aveugles depuis nombre d'années : la perte d'un œil détermine une atrophie ascendante des tubercules quadrijumeaux, des corps genouillés externes, de la couche optique et des faisceaux qui s'irradient dans le lobe occipital. Mais les descriptions anatomiques sont bien plus vagues que celles de GRATIOLET. Quoique le corps genouillé externe fasse partie, pour PANIZZA, de la voie de transmission des impressions optiques, il n'a pas, comme GRATIOLET, aperçu l'importance, chez l'homme, de ce ganglion nerveux.

Pour MEYNERT, l'expansion des fibres de la couronne rayonnante, issue du thalamus opticus, des corps genouillés externes et internes, des tubercules quadrijumeaux antérieurs et postérieurs, se terminait dans l'écorce des lobes temporal et occipital. WERNICKE considéra comme ganglion d'origine des tractus optiques le pulvinar de la couche optique, le corps genouillé externe et le tubercule quadrijumeau antérieur : les fibres de la couronne rayonnante issues de ces ganglions et dont les rayons s'irradient sur le lobe occipital, il les appela *substance blanche sagittale du lobe occipital*. Dès 1874, l'année même où HITZIG, en une courte notice du *Centralblatt für die med. Wissenschaften*, écrivait qu'après une lésion du lobe occipital l'œil du côté opposé était frappé de cécité, GUDDEN avait produit les preuves expérimentales que, chez le chien aussi bien que chez le singe, l'entre-croisement des nerfs optiques n'est pas total(1). En 1878, NICATI constata le même fait chez le chat. En 1879, LUCIANI et TAMBURINI constataient, au cours de leurs expériences sur la décortication du gyrus angulaire et du lobe occipital des singes, qu'une lésion unilatérale du centre de la vision détermine, non une cécité complète de l'œil opposé, comme le voulait FERRIER, mais une cécité partielle des deux rétines correspondantes au côté opéré. « Nous fûmes les premiers à démontrer, ont écrit ces auteurs, que non seulement chez les singes, mais aussi chez les chiens, la sphère visuelle d'un côté est en rapport avec les deux rétines, et non uniquement avec la rétine de l'œil du côté opposé, les faisceaux croisés du nerf optique l'emportant seulement en quantité sur les faisceaux directs » (2). Ainsi, une

(1) Voir GRAEFE's Arch. f. Ophthalmol., XX, 1874, 249 ; XXI, 1875, 199 ; XXV, 1879, 1.
(2) LUCIANI et TAMBURINI. *Sui centri psico-sensori corticali*. Reggio-Emilia, 1879.

lésion unilatérale de la sphère visuelle du chien provoquait une amaurose presque complète de l'œil opposé à la lésion et une légère amblyopie de l'œil du côté correspondant.

Goltz, qui croit que Munk a le premier découvert qu'après les lésions du lobe occipital il se produit une hémianopsie bilatérale homonyme, n'avait longtemps observé dans ces cas qu'une amblyopie croisée. Or, en 1878, Munk n'avait pu encore se persuader de l'existence, chez le chien, dans ces conditions, d'un trouble bilatéral de la vision. A cet égard, le chien diffère du singe, pensait encore le célèbre physiologiste, qui devait établir que, non seulement chez les mammifères, mais chez les oiseaux, chaque hémisphère est en rapport avec les deux rétines. Voici comment Munk décrivait à cette date l'hémianopsie expérimentale chez le singe : « Si l'on extirpe toute l'écorce de la convexité d'un lobe occipital, le singe est hémiopique : il est aveugle, atteint de cécité corticale, pour les moitiés des deux rétines du même côté que la lésion. Si, par exemple, l'hémisphère gauche a été lésé, non seulement il ne reconnaît pas, il ne voit même aucun objet dont l'image est projetée sur les moitiés gauches de ses rétines, tandis qu'il voit et reconnaît d'une façon normale tout ce qui se forme sur les moitiés droites de ses rétines. Si la même extirpation est pratiquée sur les deux lobes occipitaux, c'est la cécité corticale complète ; le singe ne voit plus rien » (1).

Quant à Goltz, il avait, dès 1876, dans le premier de ses mémoires, exprimé sa conviction que, chez le chien, chaque hémisphère cérébral est en relation avec les deux yeux. Le physiologiste de Strasbourg conteste seulement qu'il s'agisse ici d'une véritable hémianopsie. Il avait admis d'abord, pour expliquer chez ces animaux la nature des troubles de la vision, l'hypothèse d'une lésion du sens des couleurs et du sens de l'espace : il parle d'hémiamblyopie, d'affaiblissement cérébral ou mental de la vision. En réalité, il s'agit dans ces expériences de Goltz, qui ne sauraient servir à l'étude des localisations fonctionnelles de l'écorce cérébrale, d'un affaiblissement général de toutes les perceptions et non point de celui d'un seul sens. Par les vastes destructions qu'il pratique souvent sur un hémisphère entier, quelquefois sur les deux, Goltz crée des démences expérimentales : il n'y a rien de plus dans l'affaiblissement de la vision mentale observée chez les chiens de Goltz qui ont subi des pertes considérables de substance cérébrale. L'anatomie, la physiologie expérimentale et l'observation clinique ont trop nettement circonscrit le siège de la vision centrale dans les lobes occipitaux pour que, sur ce point de doctrine, le sentiment général varie désormais (2).

(1) H. Munk. *Ueber die Functionen der Grosshirnrinde*. Berlin, 1890, 29.
(2) J. Soury. *Les Fonctions du cerveau*. Doctrines de l'École de Strasbourg, p. 1 à 146. Paris, 2e éd., 1892.

Alex. Vitzou, professeur à l'Université de Bucharest, a repris et confirmé les expériences de Munk sur le centre fonctionnel de la vision mentale du chien. Le tiers postérieur des 1[re], 2[e] et 3[e] circonvolutions parallèles du cerveau de ce mammifère correspondant aux lobes occipitaux du singe, l'ablation totale soit d'un hémisphère entier, soit d'un seul lobe occipital, produit une hémianopsie bilatérale homonyme permanente, comprenant les trois quarts internes de la rétine de l'œil opposé à la lésion expérimentale (ce qui correspond aux trois quarts du champ visuel externe) et le quart externe de la rétine de l'œil du même côté. La nature fonctionnelle de cette lésion destructive de l'écorce est donc désormais bien établie chez les mammifères inférieurs, chez le singe et l'homme : il ne s'agit jamais d'une amblyopie croisée, il s'agit toujours d'une hémianopsie portant sur les deux moitiés rétiniennes des deux yeux en rapport avec l'hémisphère cérébral de même nom, sur lequel se projettent les radiations optiques provenant indirectement des neurones visuels périphériques (1). Quant à l'ablation soit des lobes frontaux, soit des gyrus sigmoïdes, Vitzou n'a jamais observé de troubles permanents de la vue succéder à la guérison des plaies opéra-

---

(1) O. Kahler, considérant comme certain l'entre-croisement des nerfs optiques dans le chiasma, avait insisté sur l'invraisemblance d'une *hémianopsie monoculaire*, donc sans participation simultanée de l'autre œil. Il avait montré que l'*hémianopsie latérale homonyme est un phénomène qui, dans l'hémiplégie cérébrale, succède à une attaque d'apoplexie* ; elle ne manque que par exception, quand l'attaque a été légère. On la trouve même dans des cas sans attaque d'apoplexie. *Elle disparaît après quelques jours, mais non sans laisser de trace* (*).

Selon Priestley Smith, les observations cliniques qui admettent l'existence d'amblyopie croisée par lésion cérébrale ne prouvent pas ce qu'elles avancent (**). Il n'est pas rare que des malades atteints d'hémianopsie ignorent que les *deux* yeux sont affectés. Il n'y a point de doute que nombre de cas décrits comme des amblyopies croisées étaient des cas d'hémianopsie. Ferrier a montré, par des expériences, que la destruction du gyrus angulaire entraîne chez le singe la perte passagère de la vision de l'œil opposé. Mais, objecte Priestley Smith, on ne doit pas oublier que, chez l'homme même, la mensuration du champ visuel exige une certaine attention de la part du malade ; cette opération n'est pas, à coup sûr, plus facile chez le singe. Aussi bien, chez l'homme aussi, l'hémianopsie affecte une portion plus étendue de l'œil opposé, les deux moitiés de la rétine n'étant pas égales, et il est possible que cette différence soit encore plus grande pour le singe. D'ailleurs, d'autres expérimentateurs n'ont pas obtenu la cécité après la destruction du gyrus angulaire, à moins que la radiation optique sous-jacente n'ait été lésée, et, dans ces cas, il existait de l'hémianopsie.

D'un autre côté, certains troubles fonctionnels de nature hystérique sont accompagnés d'une perte de la vision qui n'est pas hémianopsique. Le champ visuel est rétréci et ses limites varient, de telle sorte que si l'on examine le champ visuel plusieurs fois de suite, on obtient une spirale qui se rapproche de plus en plus du centre. Cette forme d'amblyopie est ordinairement attribuée à un désordre des centres corticaux ; mais l'auteur pense qu'on peut aussi bien l'expliquer par une anesthésie de la rétine due à des troubles vaso-moteurs. Une diminution générale de la nutrition de la rétine amène nécessairement un rétrécissement du champ visuel ; l'effet d'une simple pression sur l'œil le démontre. Des symptômes analogues sont souvent dus à des troubles réflexes de la circulation oculaire ; la cécité est ordinairement passagère, la vision redevient normale, mais, après plusieurs attaques passagères, la cécité peut persister et l'on trouve alors les signes d'un arrêt de la circulation dans l'artère rétinienne. Smith admet donc aussi que l'amblyopie croisée est plutôt un phénomène réflexe qu'un symptôme de troubles cérébraux.

(*) *Beobachtungen über Hemianopie* (Prager med. Wochenschrift, 1887, n° 17) An. : *N. C.*, 1887, p. 370.

(**) *The mecanism of binocular vision and the causes of strabismus.* Lancet et Brit. med. Journ., 1896.

toires (1). Nous ne pouvons insister sur les effets consécutifs à l'ablation partielle ou totale des hémisphères chez les oiseaux (2).

Les expériences de GUDDEN, qui, après avoir vu une atrophie du corps genouillé externe, du *thalamus opticus*, du tubercule quadrijumeau antérieur et du tractus optique, du même côté, et, du côté opposé, du nerf optique, succéder à une extirpation partielle du cerveau occipital chez le chien, ne voulut pourtant pas admettre de rapport de cause à effet entre cette atrophie et la lésion expérimentale, furent répétées et confirmées par GANSER sur deux chats nouveau-nés. Mais c'est à MONAKOW que revient le mérite, dans une série de recherches expérimentales et anatomo-pathologiques sur les rapports de la sphère visuelle avec les centres optiques primaires infra-corticaux et le nerf optique, d'avoir démontré, chez les animaux et chez l'homme, à l'aide des méthodes modernes de l'anatomie microscopique, la nature et les conditions de l'hémianopsie bilatérale homonyme. Cette longue série de mémoires publiés depuis tant d'années dans l'*Archiv für Psychiatrie* (1882-1895), et qui continue de paraître, a été pour la psychologie physiologique contemporaine une des sources les plus abondantes de faits, de documents et d'idées. Dès 1882, en provoquant des arrêts de développement au moyen d'extirpations de régions circonscrites de l'écorce du cerveau, il vérifia la justesse du postulat physiologique qu'il avait posé : l'ablation complète d'un centre cortical doit retentir sur le développement des fibres et des centres nerveux primaires en étroite connexion physiologique avec ce centre cortical par l'effet de l'inactivité fonctionnelle dont ces fibres et ces ganglions sont alors frappés.

Ce centre cortical, c'était la sphère visuelle de MUNK. Après plusieurs mois, les animaux étaient sacrifiés, et, selon l'étendue et la localisation de l'extirpation du lobe occipital, la dégénération secondaire descendante pouvait être suivie jusqu'aux tractus et aux nerfs optiques. Chez l'homme, les observations cliniques de foyers de ramollissement, isolés et circonscrits, du lobe occipital, les dégénérations secondaires des radiations optiques, du cerveau moyen et du cerveau intermédiaire, correspondaient aux effets des lésions déterminées par le couteau de l'opérateur. Des tableaux dressés par l'éminent anatomiste en 1892 pour montrer le rapport de la localisation des foyers primitifs et des lésions secondaires observées dans chaque cas, il ressort que les lésions destructives et les atrophies partielles du corps genouillé externe et du pulvinar, ainsi que celles des couches superficielles des tubercules quadrijumeaux antérieurs, retentissent surtout, du même côté, sur le territoire de la scissure calca-

---

(1) ALEX. N. VITZOU. *Effets de l'ablation totale des lobes occipitaux sur la vision chez le chien.* Travail de l'Institut de physiologie de Bucharest. Arch. de physiologie, 1893, n° 4.

(2) HERMANN MUNK. *L. c.*, p. 179 et suiv. — GIUSEPPE FASOLA. *Effetti di scervellazioni parziali e totali negli ucceli in ordine alla visione : Ricerche sperimentali.* Riv. sperim. di freniatria, 1889, XV, 229 sq. — STEFANI. *Contribution à la physiologie des fibres commisurales.* Arch. ital. de biol., XIII, 1890, 350. — Cf. ibid., XII, 1889, le travail de G. GALLERANI (Padoue) sur la *Physiologie des commissures.* — BECHTEREW. *Ueber den Einfluss der Abtragung der Grosshirnhemisphären an Thieren auf das Gesicht und Gehör.* Neurol. Centralbl., 1883, 536. — *Ueber das Sehfeld an der Oberflæche der Grosshirnhemisphären.* Ibid., 1890, 237.

rine, s'étendant, suivant Monakow, sur la face interne, au *cuneus* et au lobe lingual ; sur la face externe, vraisemblablement aussi, à O^1 et O^2. « J'appelle, dit-il, ce territoire dans son ensemble non strictement limité, le territoire de la scissure calcarine. » En outre, la sphère visuelle comprend, toujours d'après les nouvelles idées de Monakow, l'aire corticale appartenant aux parties postérieures de P^1 et P^2 (sphère visuelle antérieure), en tout cas, aux trois circonvolutions de la convexité du lobe occipital. La zone corticale spéciale du corps genouillé externe se trouve surtout localisée dans le *cuneus* et le lobe lingual, celle du pulvinar et des tubercules quadrijumeaux antérieurs dans un territoire plus étendu. Les fibres de projection du corps genouillé externe occupent dans les radiations la portion inférieure.

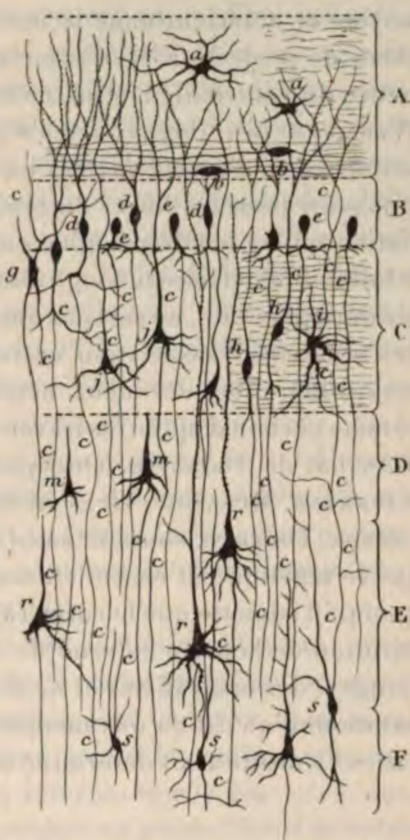


Fig. 23. — Écorce occipitale de cobaye de huit jours. Méthode double de Golgi. (Ramon y Cajal). *A*, couche moléculaire. *B*, couche des cellules fusiformes. *C*, couche des fibres médullaires médianes. *D*, couche des pyramides moyennes. *E*, couche des grandes pyramides. *F*, couche des corpuscules polymorphes. *a*, cellule étoilée de la 1re couche cérébrale. *b*, cellules fusiformes spéciales à l'écorce. *d*, fusiformes verticales. *e*, corpuscules piriformes *g*, cellules à expansion nerveuse ascendante. *h*, piriformes verticales de la 3e couche. *j*, petites pyramides. *m*, pyramides moyennes. *r*, pyramides géantes. *s*, cellules de la 6e couche à cylindraxe ascendant. *c*, prolongements cylindraxiles.

En partant du caractère histologique des dégénérations secondaires chez les mammifères inférieurs et chez l'homme, Monakow est arrivé à la conclusion que la plupart, et de beaucoup, des cellules nerveuses des corps genouillés externes, ainsi que presque toutes celles du pulvinar, envoient leurs cylindraxes vers l'écorce (1). L'origine du faisceau de projection des radiations optiques, dont les arborisations se terminent dans l'écorce du lobe pariéto-occipital, se trouve donc bien pour la plus grande part dans les cerveaux intermédiaire et moyen, non dans l'écorce du cerveau antérieur. Monakow considère comme également prouvé que les grandes cellules solitaires du lobe occipital sont les cellules d'origine de fibres

(1) Monakow. *Experimentelle und pathol.-anat. Untersuchungen über die Haubenregion*,

à direction centrifuge qui passent dans les radiations optiques et vont en grande partie aux tubercules quadrijumeaux antérieurs (fig. 23).

Telles seraient les connexions anatomiques des cerveaux intermédiaire, moyen et antérieur dans la fonction de la vision. Les longs faisceaux de fibres de projection et d'association, disposés autour de la corne postérieure du ventricule latéral, constituent la substance blanche sagittale de Wernicke. Les fibres courtes d'association se terminent à proximité de la surface, dans l'écorce même, les plus courtes étant les plus superficielles. Monakow tient les fibres du tapis du corps calleux pour des fibres d'association reliant le lobe occipital en partie avec le lobe pariétal, en partie avec le lobe frontal (faisceau longitudinal supérieur). Que le corps calleux, d'une manière générale, ne soit pas une simple commissure, mais contienne aussi des systèmes d'association entre des parties localement et fonctionnellement différentes des deux hémisphères, c'est ce qu'on peut considérer comme certain d'après les travaux de Schnopfhagen, de Meynert, de Sachs, d'Anton, de Dejerine. Quelques auteurs, tels que Forel, Onufrowicz, Kaufmann, Muratow, etc., ont nié que le tapis fût en rapport avec le corps calleux. Dejerine soutient aussi, dans son *Anatomie des centres nerveux* (1), que le tapetum est essentiellement formé par le faisceau occipito-frontal, quoiqu'il admette que le corps calleux « prend une certaine part dans la constitution de la paroi externe de la corne occipitale ». Anton a montré, au Congrès des naturalistes et médecins allemands de Vienne de 1894, des préparations d'un cas où un ramollissement de l'extrémité postérieure du corps calleux à droite avait déterminé une dégénération de tout le tapis gauche (2).

---

die Sehhügel und die Regio subthalamica... Arch. f. Psych., 1895, XXVII, 1-128, 386-478. Les différentes régions de l'écorce en rapport avec le *corps genouillé externe* sont sûrement, dans le lobe occipital, le *cuneus*, le *lobe lingual*, le *gyrus descendens* (inclusivement l'*écorce de la scissure calcarine*), mais aussi O^2 et O^3, de même que, probablement, les parties postérieures du *gyrus angularis*. La zone du *pulvinar* coïncide en partie avec celle du corps genouillé externe, mais la dépasse en avant, de sorte que, outre O^1, O^2 et O^3, surtout en rapport avec les parties postérieures et latérales du *pulvinar*, des régions de P^1 et P^2 sont surtout en connexion avec les parties antérieures du *pulvinar*, ainsi que certains territoires du *gyrus occipito-temporalis*. Mais le *pulvinar* ne soutient aucun rapport avec le lobe frontal, l'opercule, les circonvolutions centrales, T^1. La zone corticale du *tubercule bijumeau antérieur* coïncide en partie avec celle du corps genouillé externe (*cuneus, lobe lingual*, O^1, O^2, O^3 et peut-être aussi les parties postérieures du *gyrus angularis*). Cf. p. 474.

(1) J. Dejerine et Dejerine-Klumpke. *Anatomie des centres nerveux*, 1895, I, 758. « Le tapetum n'appartient pas au corps calleux, mais au faisceau occipito-frontal. Le faisceau occipito-frontal forme le tapetum et s'irradie dans la face externe du lobe temporo-occipital. L'indépendance du tapetum et du système calleux, démontrée par Forel et Onufrowicz à l'aide de la tératologie, se trouve confirmée par la pathologie expérimentale (Muratow). »

(2) Anton. *Ueber Balkendegeneration im menschlichen Grossgehirn*. Neurol. Centralbl., 1894, 741. Résumé d'après Emil Redlich (Vienne). *Ueber die sogen. subcorticale Alexie*. Leipzig und Wien, 1895, 33 et 34.

Le faisceau longitudinal inférieur renferme des fibres de provenances diverses, parmi lesquelles les faisceaux d'association unissant le lobe occipital au lobe temporal.

L'étendue extraordinaire que Monakow accorde aujourd'hui aux territoires de la vision cérébrale dont les lésions produisent l'hémianopsie est une réaction contre les doctrines de Séguin, de Nothnagel, de Henschen. Mais, il le reconnaît, même dans la nouvelle hypothèse, l'étendue réelle de la sphère visuelle est, anatomiquement aussi bien que cliniquement, fort loin d'être exactement connue. La question des rapports des différentes régions du lobe occipital avec les divers segments rétiniens est aussi loin d'être résolue. Tous les schémas du trajet de la voie optique sont construits comme si les faisceaux de projection qui s'irradient sur la sphère visuelle formaient le prolongement direct des bandelettes optiques : on n'a pas tenu assez de compte des centres optiques primaires interposés sur cette longue voie, surtout du corps genouillé externe, où la plupart des fibres visuelles du tractus optique viennent se terminer et perdre leur individualité. C'est pour justifier en quelque sorte cette critique générale de Monakow que, dans tout ce travail, nous avons particulièrement insisté sur la nature anatomique et sur la signification physiologique des centres primaires optiques.

Si, au point de vue physiologique, nous inclinons à croire, avec Vialet, que la doctrine de la projection de la rétine périphérique sur la rétine corticale peut légitimement subsister, au sens de Munk, nous avons tout d'abord suivi Monakow dans sa réaction contre la tendance des auteurs à méconnaître le rôle des ganglions interposés sur les voies nerveuses en général et sur celle des nerfs optiques en particulier. Ces relais nucléaires sont, en quelque sorte, les anneaux des divers enchaînements de neurones dont toute voie nerveuse se compose. Chacun de ces relais, où se terminent les neurones d'une station précédente et d'où partent les prolongements d'autres neurones vers la station suivante, sont à la fois des centres de projection et d'origine des fibres nerveuses. Dans les centres primaires optiques, ou, si l'on veut, dans les corps genouillés externes, existent donc et une terminaison des fibres du tractus optique, et l'origine des faisceaux de projection du lobe occipital. Entre les deux systèmes, Monakow admet toujours l'existence d'un système de neurones d'association (*Schaltzellen, Uebertragungszellen*). Il veut donc qu'on prenne garde que la transmission des excitations rétiniennes a lieu, non pas directement des cellules ganglionnaires de la rétine aux radiations de Gratiolet, mais par l'intermédiaire de masses grises interposées, de ganglions nerveux constitués d'innombrables cellules, et que le mode de propagation d'une impression à travers ces centres, encore peu connu, non seulement autorise mainte

hypothèse, mais exclut en tout cas l'idée d'une conduction directe et isolée.

Le mélange des faisceaux directs et croisés du nerf optique doit avoir lieu d'abord, suivant Monakow, dans le corps genouillé externe. Il nie qu'on ait pu déterminer sûrement l'aire du lobe occipital où aurait lieu la projection des impressions de la *macula lutea* de la rétine. Contrairement aux hémianopsies bilatérales homonymes produites par une lésion de la voie optique depuis le chiasma jusqu'à l'écorce du lobe occipital, la ligne de démarcation des deux champs visuels aveugle et normal ne passe pas, dans l'hémianopsie de cause corticale, par le point de fixation, c'est-à-dire exactement par la ligne médiane : autour du point de fixation persiste un petit champ visuel d'environ 5 degrés et plus. La région centrale de la *macula* corticale demeure donc entièrement ou partiellement libre dans ces hémianopsies. Pour expliquer ce fait, sur lequel nous reviendrons, on soutient quelquefois que chaque *macula* est représentée tout entière dans les deux sphères visuelles corticales. A cette hypothèse d'une double innervation de la *macula*, Monakow en oppose une autre : On peut, dit-il, imaginer, et les faits anatomiques n'y contredisent pas, que les fibres du tractus optique provenant de la *macula lutea* se terminent dans le corps genouillé externe un peu différemment que les autres fibres visuelles, non pas dans une région circonscrite, mais, comme il convient à l'importance de cette partie de la rétine pour la vision, d'une manière diffuse : presque chaque point du corps genouillé externe recevrait quelque fibre maculaire. La projection de ces fibres maculaires sur la sphère visuelle — la projection corticale de la *macula* — ne serait naturellement pas moins diffuse : elle rayonnerait jusqu'aux limites les plus extrêmes de la sphère visuelle. On s'expliquerait ainsi que dans la plupart des cas d'hémianopsie corticale la vision centrale ou maculaire reste partiellement conservée. Quoi qu'il en soit, anatomiquement, il n'existe pas de projection des fibres des éléments rétiniens, mais des fibres du corps genouillé externe, sur le lobe occipital. C'est un point de fait qui, pour avoir été indiqué par Gratiolet, méritait d'être relevé par Monakow.

Il y a plus. Les rapports de dépendance réciproque, fonctionnels et trophiques, des centres primaires optiques et de l'écorce du lobe occipital, sur lesquels Monakow a si souvent insisté, ont reçu un nouveau lustre de la théorie des neurones et en particulier de celle de la dégénération rétrograde dans les centres nerveux.

La théorie de Monakow touchant les rapports du système nerveux central et périphérique de la vision repose sur les dégénérescences secondaires ascendantes et descendantes. Après Gudden et d'autres auteurs, il a montré, par exemple, que l'énucléation des deux bulbes

oculaires détermine, dans le système optique tout entier, une atrophie ascendante, avec des caractères histologiques différents de ceux qui accompagnent la dégénération descendante. Une des plus belles expériences qu'il y ait dans la science à ce sujet, suivie d'un examen anatomo-pathologique aussi complet qu'il était possible de le faire en 1889, a trait à un chien dont les deux yeux furent énucléés le deuxième jour après la naissance. Nous ne pouvons insister sur le développement de l'intelligence et des sentiments de ce jeune aveugle, qui ne fut sacrifié qu'au sixième mois. On trouve ici, chez Monakow, comme chez Goltz parfois, et surtout chez Munk, une fort belle page de la psychologie du chien.

Si, jusqu'à la quatrième semaine, la démarche de cet animal était incertaine, dès le troisième mois il trouvait facilement sa nourriture, allait et venait, sans se heurter, dans l'Institut et dans le jardin, montait l'escalier sans tâter les marches (il n'en était pas de même pour le descendre), et, dès que le terrain lui était familier, il s'orientait dans l'espace avec la même sûreté qu'un chien non aveugle. L'intelligence a paru intacte ; ce chien était fort attaché à ses maîtres et jouait avec leurs enfants en sautant autour d'eux sans se heurter jamais ; il se heurtait au contraire aux choses, quelle que fût sa prudence, dans un lieu qu'il ne connaissait pas. Rien ne pouvait le décider à sauter par terre d'un banc où on l'avait posé. Extraordinairement craintif avec les étrangers dont il sentait la présence, il notait exactement le moindre bruit et distinguait toujours les paroles prononcées par son maître, fût-ce à voix très basse, de celles des visiteurs. Il échappait aussi à qui voulait le prendre. Cette orientation d'un chien aveugle dans un milieu dont il avait acquis une connaissance si parfaite ne s'observe jamais chez les mammifères dont les lésions destructives de la vue ont été centrales, qui ont subi par conséquent une destruction bilatérale de l'écorce des régions postérieures du cerveau. Évidemment, ce chien ne s'orientait pas avec la *vue*, mais avec l'*ouïe* et l'*odorat*, dont la finesse s'était accrue d'autant.

Dans ses recherches expérimentales sur la cécité corticale du chien, Vitzou a insisté sur le développement considérable qu'acquièrent les sens de l'*ouïe* et du *tact* chez les mammifères dont la cécité expérimentale est d'origine centrale. Le même physiologiste a noté que, si ce chien évite un obstacle ou un danger, c'est grâce à d'autres sens que celui de la vue. Ce fait réduit à sa juste valeur l'argument que faisait valoir Gudden contre la localisation de la vision dans le lobe occipital. Il prétendait qu'un lapin persiste à voir après l'ablation bilatérale du lobe occipital. Quoiqu'il ne soit pas permis de conclure, sans plus, du chien au lapin, dont l'importance des éminences bigéminées antérieures pour la vision est manifeste, on peut croire que les lapins de Gudden se servaient, pour s'orienter, d'autres sens que la vue.

Chez le chien de Monakow, le *lobe temporal*, siège de l'*audition* et de l'*olfaction*, était aussi plus développé que chez les autres chiens de la même portée qui n'avaient point subi la perte de la vue ; les *éminences bigéminées postérieures*, dont on connaît le rapport avec l'audition, étaient également des deux côtés très volumineuses. Les lobes frontal et pariétal avaient à peu près la même étendue que sur les cerveaux normaux. Mais le lobe occipital, siège de la *vision* mentale, était très diminué de volume, quoique l'épaisseur de la substance grise fût normale et qu'on n'y décelât pas d'altération histologique appréciable. La substance blanche était très réduite, ce qui faisait paraître les sillons extrêmement profonds. Cette diminution de volume du lobe occipital dans le domaine de la sphère visuelle,

déjà notée par Munk et par Vulpian dans des cas semblales, frappait à première vue : elle faisait l'impression d'un « arrêt de développement ». Cette réduction de volume du lobe occipital était due à une croissance défectueuse, à un arrêt de développement des faisceaux de projection résultant de l'inactivité fonctionnelle du corps genouillé externe, considérablement atrophié.

Voici les lésions des voies et des centres primaires optiques qui résultaient de l'énucléation des deux bulbes oculaires : Les deux nerfs optiques, adhérents aux gaines, étaient sclérosés ; les tractus optiques presque complètement dégénérés ; les nerfs moteurs des muscles de l'œil, le moteur oculaire commun, le pathétique et le moteur oculaire externe étaient un peu diminués de volume, quoique tous les noyaux de ces nerfs fussent d'aspect normal : le nombre des cellules nerveuses était pourtant un peu moins grand, surtout dans le noyau de l'oculo-moteur commun. Le faisceau longitudinal postérieur était aussi plus pauvre en fibres. Les tubercules quadrijumeaux antérieurs n'accusaient aucune réduction de volume essentielle ; la substance blanche superficielle, composée de fibres rétiniennes (Gudden, Forel, Ganser), était d'ailleurs très atrophiée, mais les cellules nerveuses ne semblaient pas avoir subi de réduction, ce qui diffère du tout au tout avec le haut degré d'atrophie de ces ganglions quand, chez le lapin, on a énucléé un œil. C'est que, chez le chien, le chat et l'homme, on observe précisément le contraire de ce qui existe chez le lapin, où les éminences bigéminées antérieures jouent, en regard du corps genouillé externe, le principal rôle dans la vision, ainsi que les lobes optiques chez les oiseaux et les poissons, seul ou principal centre visuel de ces vertébrés (Steiner, Edinger). Ici, chez le chien, après une énucléation bilatérale, on ne note qu'une atrophie à peine appréciable des tubercules quadrijumeaux antérieurs.

Les corps genouillés externes étaient au contraire, nous l'avons dit, considérablement atrophiés, et l'examen microscopique montra que cette atrophie avait porté sur toute la substance grise du ganglion. Chez le chien, comme chez l'homme, la plus grande partie des fibres rétiniennes est donc dans le rapport le plus étroit avec le corps genouillé externe, qui apparait si fort atrophié après l'énucléation des organes périphériques de la vue. Après l'ablation de tout le territoire cortical de la vision chez le chien (qu'il soit nouveau-né ou adulte au moment de l'opération), ce ganglion n'est pas aussi atteint. J'ai rappelé *l'hypertrophie compensatrice du corps genouillé interne, déterminée par la suractivité du sens de l'ouïe chez ce chien aveugle.* Le pulvinar de la couche optique était aussi atrophié que le corps genouillé externe. Le reste du cerveau, normal.

Après une destruction par la maladie des organes périphériques du sens de la vue, chez un très jeune enfant, Tomaschewski a constaté les mêmes atrophies ascendantes (1). A la suite d'une méningite cérébro-spinale, un enfant était devenu, à l'âge de deux ans, aveugle et sourd. Les bulbes oculaires, qu'une affection inflammatoire avait détruits, étaient atrophiés. Comme chez le chien de Monakow, la perte de la *vue*, et aussi de l'*ouïe* dans ce cas, était compensée par une plus grande finesse du *toucher* et de l'*odorat*. Lorsque cet enfant mourut, à huit ans, on trouva une atrophie des deux nerfs optiques, du chiasma, du tractus optique, des tubercules quadrijumeaux, du lobe occipital (*cuneus*, O^2 et O^3), du *gyrus* angulaire et de T^1, centre de l'audition, surtout à gauche. Dans toutes ces régions la substance grise était atrophiée.

La section de la partie postérieure de la capsule interne, c'est-à-dire des radiations

(1) Tomaschewski. *Zur Frage über die Veränderungen in der Gehirnrinde in einem Falle von in früher Kindheit erworbener Blind und Taubheit.* Centralbl. f. Nervenheilkunde, 1889. 21.

optiques à ce niveau, a été suivie : 1° d'une dégénération ascendante des faisceaux de projection et de l'écorce du lobe occipital ; les grandes cellules pyramidales de la troisième couche ont surtout dégénéré ainsi que les réseaux nerveux de la troisième et de la cinquième ; 2° d'altérations périphériques toutes semblables à celles qui suivent l'ablation des sphères visuelles. Dans ces cas, les lésions de la dégénérescence descendante affectent successivement, on le verra, les faisceaux de projection, d'association et de commissuration du lobe occipital, le corps genouillé externe, le pulvinar, les tubercules quadrijumeaux antérieurs et le tractus optique du côté opéré, le nerf optique du côté opposé et les neurones de la rétine elle-même (Ganser, v. Monakow).

Ce qui ressort avec évidence de ces études des voies et des centres optiques, c'est que, dans chaque centre, un système de fibres se termine et qu'un autre en part. Ces différents systèmes seraient associés entre eux au moyen de ces « cellules intermédiaires » de Monákow qui ne sont autres que les cellules du deuxième type de Golgi, neurones d'association, vrais internodes si souvent postulés par l'anatomie du cerveau, qui reçoivent et transmettent les courants nerveux de plusieurs systèmes différents.

Nous voudrions insister maintenant sur la dégénérescence rétrograde (Sottas, Gombault et Philippe). A côté de la dégénérescence wallérienne, frappant le bout périphérique d'un nerf séparé de son centre trophique, il existe une dégénérescence rétrograde, une altération cellulipète du bout central, se propageant du point sectionné vers le centre trophique, c'est-à-dire vers la cellule d'origine du nerf, et pouvant même, dans certains cas, dépasser ce centre, pour envahir secondairement le neurone suivant. Dans le bout central des nerfs périphériques des membres amputés, Marinesco a observé une dégénération de degré variable, intéressant la myéline et le cylindraxe, et déterminant, par places, une atrophie complète des nerfs avec prolifération du tissu interstitiel. Anatomiquement, ce processus ne diffère pas essentiellement de celui de la dégénération wallérienne du bout périphérique ; il se produit seulement plus tard et a une marche plus lente ; il est plus rapide chez les jeunes animaux que chez les adultes. Ces faits et un grand nombre d'autres ne s'accordent évidemment pas avec la théorie classique des centres trophiques. Pourquoi, après l'amputation d'un membre, les nerfs sensitifs du moignon s'atrophient-ils, puisqu'ils sont restés en rapport avec leurs centres trophiques, les ganglions spinaux ? Pourquoi, dans ce cas, les cylindraxes centraux des cellules des ganglions spinaux, en rapport avec leur centre trophique, les racines postérieures, les fibres des cordons postérieurs, avec leurs collatérales pénétrant dans la corne postérieure de la moelle épinière, dégénèrent-ils, dégénérescence qui explique l'atrophie correspondante d'un certain nombre de cellules des cornes antérieures ?

Comment les nerfs moteurs, restés en rapport avec leurs centres trophiques, avec les cellules des cornes antérieures de la moelle épinière, peuvent-ils dégénérer ? C'est que d'autres centres trophiques eux-mêmes ont subi l'atteinte des lésions de leurs prolongements nerveux ; c'est que les prolongements protoplasmiques et le prolongement cylindraxile d'une cellule nerveuse, avec ses arborisations terminales et ses branches collatérales, font partie de cette cellule comme les membres font partie du corps d'un individu ; que l'unité de la cellule et de son cylindraxe est absolue ; bref, qu'un neurone est un individu.

Or les neurones ne sont pas seulement des individus anatomiques et fonctionnels : ce sont aussi des centres trophiques du nerf. Golgi, Forel, Monakow, van Gehuchten ont admis que toute lésion affectant, en un point quelconque, le neurone, doit amener une destruction rapide dans la portion séparée de l'élément entier, puis la mort, plus lente, mais inévitable, de la portion centrale du neurone. Sans doute, les segments interannulaires des nerf, sortes de « cellules adipeuses traversées par le cylindraxe d'une cellule nerveuse » (Durante), peuvent, au point de vue trophique, constituer des voies de nutrition propres, et le nerf pourrait ainsi posséder une certaine indépendance au regard de la cellule mère. On ne sait, en effet, si le cylindraxe tire directement de la cellule ses matériaux de nutrition ou s'il les emprunte à des échanges localement réalisés sur son parcours, l'influence du corps cellulaire n'intervenant peut-être que pour régler les processus d'assimilation. Mais que le cylindraxe soit exposé, comme tout autre élément de l'organisme, à subir les influences locales des milieux qu'il traverse, et par exemple l'effet des agents chimiques en circulation (névrites, etc.), c'est l'évidence même (1). Renaut (de Lyon) a été amené à conclure, au sujet des névrites périphériques, que, dans nombre de cas, la réaction d'un nerf à l'encontre des actions pathogènes qu'il reçoit à sa terminaison ou dans sa continuité est et demeure toute locale. « Et sans nier l'influence grande de la cellule ganglionnaire sur un nerf dans tout son parcours, j'estime, dit l'éminent histologiste, qu'au point lésé le cordon nerveux peut et doit réagir. C'est dire que le

---

(1) Marinesco. *Ueber Veränderung der Nerven und des Rückenmarkes nach Amputationen; ein Beitrag zur Nerventrophik.* Neurol. Centralbl., 1892, 463 sq. — Marinesco et Paul Sérieux. *Sur un cas de lésion traumatique du trijumeau et du facial avec troubles trophiques consécutifs.* Arch. de physiologie, 1893, 464. — Goldscheider. *Zur allegemeinen Pathologie des Nervensystems.* I. *Ueber die Lehre von den trophischen Centren;* II. *Ueber Neuron-Erkrankungen.* Berlin. klin. Wochenschr. (1894, nos 18-19). — G. Durante. *De la dégénérescence rétrograde dans les nerfs périphériques et les centres cérébro-spinaux.* Bulletin médical, 1895, 443. — Klippel et Durante. *Des dégénérescences rétrogrades dans les nerfs périphériques et les centres nerveux.* Rev. de méd., XV, 1895.

processus réactionnel et local du nerf, la névrite périphérique, doit conserver son individualité et sa place en neurologie (1). » Nous n'en avons pas moins le droit de considérer le cylindraxe, toujours de structure uniforme, qu'il émane d'une cellule sensitive, sensorielle ou motrice, comme faisant partie intégrante de la cellule d'origine.

Cela posé, de quelle nature sont les troubles de la nutrition qui, des centres trophiques des nerfs, — cellules des ganglions cérébro-spinaux, cellules des cornes antérieures de la moelle, cellules des noyaux des nerfs crâniens, cellules de l'écorce cérébrale de la voie des pyramides, de la voie centrifuge des nerfs optiques, etc., — retentissent sur les nerfs, les muscles et les centres nerveux et déterminent des dégénérescences secondaires, soit ascendantes, soit descendantes, soit dans les deux directions opposées à la fois, directement ou indirectement, par l'intermédiaire des neurones associés ? Conciliant les idées d'inactivité fonctionnelle et d'influence trophique subie par le nerf, émises par Türck et par Bouchard pour expliquer les dégénérescences secondaires, Marinesco, sans nier la dissociation toujours possible de l'activité nutritive et fonctionnelle du neurone, fait dépendre les fonctions trophiques des cellules nerveuses, leur propriété de nourrir et de conserver la structure du neurone, de la continuité des excitations périphériques ou centrales. L'activité trophique des cellules n'est donc pas purement automatique : elles ne puisent pas en elles-mêmes leur énergie ; les courants d'excitation périphériques ou centraux qui les traversent servent à entretenir l'intégrité de leurs fonctions trophiques. La trophicité des cellules musculaires est d'ailleurs soumise aux mêmes conditions, c'est-à-dire à la continuité des excitations fonctionnelles. Les muscles striés, comme les cellules nerveuses, peuvent être, sans aucun doute, primitivement affectés (atrophie musculaire myopathique primitive).

Lorsqu'un membre est amputé, les cellules des ganglions spinaux ne reçoivent plus les excitations parties des ramifications terminales des troncs nerveux sensitifs ; les excitations parties du tissu cicatriciel du nerf sont insuffisantes pour assurer la persistance de la fonction normale du ganglion, et il est bien connu, d'autre part, que les terminaisons des nerfs sont beaucoup plus sensibles que les nerfs mêmes ; la fonction trophique de ces cellules diminue donc toujours, et finalement apparaissent les troubles de nutrition aussi bien des fibres périphériques de la sensibilité que des racines et des cordons postérieurs de la moelle épinière. En outre, et toujours dans l'hypothèse d'une amputation, les cellules des

(1) Congrès français des médecins aliénistes et neurologistes, août 1894.

cornes antérieures de la moelle ne recevront plus les mêmes excitations qu'auparavant des collatérales des cordons postérieurs, lorsque des mouvements réflexes avaient lieu dans le membre maintenant disparu, — car Flechsig, Singer et Münzer, Ramon y Cajal, etc., ont décrit les fibres qui, des racines postérieures, vont directement dans la région des racines antérieures et s'arborisent peut-être entre les dendrites des cellules des cornes antérieures ; ces neurones radiculaires ne seront plus actionnés que par les cellules motrices corticales d'origine de la voie des pyramides, peut-être aussi par les cellules d'origine du faisceau cérébello-spinal, et les mouvements volontaires relatifs au membre ou segment de membre amputé seront très rares (associations motrices automatiques, rêves, hallucinations des amputés) : les troubles trophiques de ces cellules retentiront donc à distance et pourront affecter les nerfs moteurs et les muscles où ces nerfs se distribuent. Ces nerfs et ces muscles pourront dégénérer avant qu'aucune altération histologique appréciable apparaisse dans le corps cellulaire lui-même sous l'influence du ralentissement de la nutrition.

Quant à la continuité de l'excitation fonctionnelle, à laquelle Marinesco attribue la persistance de l'activité trophique d'une cellule, il n'est pas nécessaire qu'elle soit d'origine périphérique ; elle peut aussi bien provenir d'un centre nerveux du névraxe. Mais, pour la fonction trophique, des excitations centrales, volontaires, conscientes, ont bien moins d'importance que les excitations continues dont nous avons parlé et qui restent d'ordinaire au-dessous du seuil de la conscience. Après certaines lésions destructives de l'écorce cérébrale, des atrophies musculaires relativement précoces apparaissent, dont la symptomatologie permet de faire le diagnostic d'avec les atrophies musculaires dégénératives, à réaction de dégénérescence, consécutives aux affections des cornes antérieures ou aux altérations périphériques. On connaît les interprétations divergentes qu'ont données les auteurs de l'atrophie musculaire cérébrale, celles de Joffroy et d'Achard, de Borgherini, d'Eisenlohr ; on peut aujourd'hui résolûment écarter l'hypothèse (Quincke) d'un centre trophique cérébral spécial.

Or les voies sensorielles du nerf optique ne sauraient différer au fond, non plus que celles d'aucun autre nerf des sens, des voies sensitives des nerfs spinaux. Les cellules bipolaires des couches moyennes de la rétine correspondent aux cellules des ganglions spinaux (1). Les *neurones directs*

---

(1) Flatau. *Atlas du cerveau humain et du trajet des fibres nerveuses*, 1894.

ou de *premier ordre* de la voie optique sont constitués par le corps et les prolongements périphérique et central d'une cellule bipolaire, les terminaisons centrales entrant en contact avec les dendrites des grosses cellules ganglionnaires des couches profondes de la rétine. Ces dernières cellules correspondent aux cellules des cordons postérieurs de la moelle épinière. Les *neurones indirects* ou de *deuxième ordre* de la voie optique seraient donc constitués par les grosses cellules ganglionnaires de la rétine, par les prolongements dendritiques et cylindraxiles de ces cellules, ces derniers constituant les fibres visuelles du nerf optique, du chiasma, des bandelettes optiques. Je comparerais les fibres du neurone sensoriel de *troisième ordre* issues des cellules des corps genouillés externes, aux fibres du ruban de Reil, issues, dans la moelle allongée, des noyaux de Goll et de Burdach, et formant le second neurone du faisceau sensitif (1). Des corps genouillés externes à l'écorce du lobe occipital, les radiations de Gratiolet constituent un *neurone de quatrième ordre*. De même, les fibres du ruban de Reil, au sortir du thalamus, s'irradient dans l'écorce de la circonvolution pariétale ascendante du cerveau.

Quoique toutes ces fibres aient leurs centres trophiques dans leurs cellules d'origine, elles peuvent dégénérer et dégénèrent en effet souvent dans la direction rétrograde ou cellulipète sous l'influence de lésions soit de l'écorce du lobe occipital, soit du corps genouillé externe, si bien qu'on peut suivre la dégénération descendante jusqu'au tractus et au nerf optique. L'intégrité des territoires de l'écorce est une condition essentielle d'existence pour les centres primaires optiques et leurs prolongements nerveux. On a vu que, dans la série animale, le développement des corps genouillés externes et de certaines parties caudales du pulvinar est inverse de celui des tubercules quadrijumeaux antérieurs, c'est-à-dire que leur importance fonctionnelle a grandi avec la croissance et la différenciation des organes encéphaliques, tandis que le rôle des tubercules quadrijumeaux antérieurs, du moins quant aux fonctions visuelles, perdait toujours plus d'importance chez les vertébrés supérieurs. Or comme la plus grande partie des cellules nerveuses des corps genouillés externes et du pulvinar dégénèrent secondairement après les lésions de la sphère visuelle, on en doit conclure que ces ganglions sont dans un étroit rapport avec cette région de l'écorce.

Quel est, au regard de l'écorce, le rôle physiologique des centres primaires optiques ? Constituent-ils, d'après une manière de voir encore fort répandue, quoique tout à fait injustifiée, des centres primaires d'élabo-

---

(1) Jules Soury. *Le faisceau sensitif*. Revue générale des sciences, 30 mars 1894.

ration des impressions rétiniennes, où celles-ci devraient passer comme dans une sorte de purgatoire avant de pénétrer dans l'écorce, et d'y être perçues ? C'est là une interprétation que nous écartons avec MONAKOW. Ces ganglions dégénèrent entièrement après l'ablation des territoires corticaux de la vision : on doit donc leur refuser « toute activité propre, autonome, dans l'acte de la vision », en particulier *toute activité réflexe de la nature de celle qu'on doit admettre pour le lobe optique des vertébrés inférieurs*. Autrement, il n'y aurait aucune raison pour que les cellules du corps genouillé externe dégénérassent dans les conditions indiquées. Dans la cécité corticale, MUNK a noté que tous les réflexes optiques, même le clignement — mais non le réflexe pupillaire, si la lésion est purement corticale — font défaut : c'est une preuve que le corps genouillé externe ne saurait conduire les excitations dans une autre direction que vers la sphère visuelle. Aussi bien cet étroit rapport de dépendance fonctionnelle et trophique des centres optiques primaires et du territoire cortical de la vision n'est qu'un cas particulier d'une loi, beaucoup plus générale, et que von MONAKOW a souvent vérifiée : à chaque segment de la couche optique correspond, d'après les recherches de ce savant, un territoire cortical, assez nettement circonscrit, dont l'intégrité est indispensable à la persistance de l'activité trophique et fonctionnelle de chacune de ces parties du thalamus.

Mais, pour ne parler ici que des corps genouillés externes et des tubercules quadrijumeaux, c'est-à-dire des principaux relais ou stations des courants centripètes ou centrifuges de la voie optique, il est certain qu'après une section des faisceaux passant dans la partie postérieure de la capsule interne, MONAKOW a observé une atrophie des grandes cellules solitaires de l'écorce du lobe occipital et qu'il a toujours pu déterminer une dégénérescence secondaire descendante des radiations optiques, du corps genouillé externe, des bandelettes et du nerf optique, après des lésions destructives du lobe occipital. Ce sont autant d'exemples de ces dégénérescences rétrogrades ou cellulipètes que nous venons d'étudier chez quelques-uns seulement des auteurs qui les ont le mieux observées et interprétées. La dégénérescence du ruban de REIL, que HÖSEL a suivie de l'écorce des régions pariétales du cerveau jusqu'aux noyaux sensitifs du bulbe, par exemple, est comparable aux dégénérations secondaires de cause pathologique ou expérimentale que l'on constate de l'écorce du lobe occipital aux corps genouillés externes, et l'altération atrophique descendante, cellulipète, des radiations optiques, des bandelettes, du chiasma et des nerfs optiques consécutive aux lésions du territoire calcarinien, n'est pas moins certaine que celle du ruban de REIL après les lésions de l'écorce ou du thalamus. MONAKOW, LANGLEY, MARCHI et ALGERI, après extirpation des régions pariétales du cerveau, ont vu une

dégénérescence descendante des cordons postérieurs s'étendant quelquefois même sur toute la hauteur de la moelle. Ces dégénérescences secondaires, tant rétrogrades que wallériennes, se propagent donc souvent bien au delà des limites d'un neurone : elles peuvent s'étendre, à travers les relais nucléaires, aux différents neurones associés qui constituent, comme autant de segments animés, les différentes voies nerveuses sensitives, sensorielles, motrices. L'existence des collatérales des cylindraxes permet de concevoir, comme le remarque DURANTE, que les dégénérescences descendantes sensitives ou sensorielles d'origine corticale seront plus diffuses que les dégénérescences ascendantes. Au début, la dégénérescence rétrograde est caractérisée par une atrophie plus ou moins marquée de la myéline, puis la myéline disparaît complètement, laissant les cylindres nus, enfin le cylindraxe lui-même.

Au point de vue clinique, MOELI a montré que, chez l'adulte, les affections du lobe occipital déterminent des lésions descendantes qu'on peut suivre jusqu'aux cellules nerveuses de la rétine. Dans deux observations publiées par l'éminent clinicien, il s'agissait de lésions destructives des lobes occipitaux datant de la vie fœtale (porencéphalie, hydrocéphalie interne) : la dégénérescence s'étendait au delà du chiasma jusqu'aux nerfs optiques. De même dans un troisième cas où, chez un homme de quarante-quatre ans, il existait des foyers de ramollissement athéromateux dans les deux lobes occipitaux, l'atrophie rétrograde des voies et des centres optiques sous-corticaux descendait jusqu'aux nerfs optiques (1). Des cas semblables de dégénérescence secondaire descendante ont été observés par WILBRAND, SCHMIDT-RIMPLER, STAUFFER, HENSCHEN, ZINN. En général, les résultats de l'anatomie pathologique s'accordent ici de tous points avec ceux de l'expérimentation.

La dégénération rétrograde ne peut s'arrêter au nerf optique. Les cellules d'origine des fibres de ce nerf, les grosses cellules ganglionnaires des couches profondes de la rétine sont nécessairement atteintes dans leurs fonctions trophiques, et partant fonctionnelles, par l'effet de l'altération descendante de l'opticus, dont les arborisations terminales ont subi, dans le corps genouillé externe, le contre-coup des troubles trophiques des cellules de ce ganglion. Les expériences de résection du nerf optique nous apprennent comment les altérations trophiques des cellules ganglionnaires de la rétine retentissent sur les éléments stratifiés de cette membrane, que RAMON Y CAJAL appelle une sorte de segment cérébral périphérique.

---

(1) MOELI. *Veränderungen des Tractus und Nervus opticus bei Erkankrungen des Occipitalhirns.* Arch. f. Psych., XXII.

Les cellules de la rétine se composent, en effet, des quatre espèces suivantes : *cellules neuro-épithéliales* (cônes et bâtonnets) ; *cellules à cylindraxe court* (cellules bipolaires, cellules horizontales) ; *cellules à cylindraxe long* (cellules ganglionnaires) ; *cellules amacrines* c'est-à-dire sans cylindraxe, dépourvues de prolongements fonctionnels différenciés, ramifiées aux divers étages de la zone plexiforme interne, éléments que Ramon y Cajal compare aux grains du bulbe olfactif, aux cellules unipolaires des invertébrés. La loi de la polarité fonctionnelle ou dynamique pourrait valoir aussi pour les spongioblastes. Si l'on admet que leur corps reçoit, des fibres centrifuges (qui se terminent librement au niveau des spongioblastes), une certaine activité apportée par les courants nerveux de ces fibres, la tige descendante des cellules amacrines, avec ses ramilles terminales, aurait pour fonction, suivant l'illustre histologiste espagnol, de transmettre des courants cellulifuges aux panaches horizontaux des cellules ganglionnaires. Enfin, pour l'intelligence de la marche des dégénérescences rétrogrades, il faut se rappeler qu'il y a, dans l'épaisseur de la rétine, deux embranchements ou *articulations* : 1° au niveau de la zone plexiforme externe, où les sphérules terminales des bâtonnets entrent en contact avec les panaches ascendants des cellules bipolaires pour bâtonnets, et les fibrilles basilaires des cônes avec les panaches aplatis des cellules bipolaires pour cônes ; 2° au niveau de la zone plexiforme interne, où les panaches inférieurs des cellules bipolaires pour bâtonnets s'appliquent sur les corps des cellules de la couche ganglionnaire, et où les panaches descendants des cellules bipolaires pour cônes s'arborisent, aux divers étages de cette zone, entre les dendrites des cellules ganglionnaires.

Dans les expériences de résection du nerf optique instituées par Cesare Colucci sur des mammifères, des reptiles et des batraciens, pour étudier les processus dégénératifs consécutifs de la rétine, on observe, dans les premiers jours après l'opération, une atrophie des fibres de l'opticus ; après un mois, on peut suivre les phénomènes de dégénération dans les différentes couches de la rétine, depuis la couche des cellules ganglionnaires jusqu'à celle des cônes et des bâtonnets, la couche des grains internes dégénérant avant celle des grains externes. A toutes les hauteurs, les prolongements cellulaires disparaissent d'abord (1). Chez le chien, la destruction de la couche des cellules ganglionnaires est déjà complète deux mois après la résection du nerf optique. Puis la dégénération rétrograde envahit de proche en proche la couche plexiforme interne, la couche des grains internes, la couche plexiforme externe, la couche des grains externes, ou du corps des cellules visuelles, laquelle présente la plus grande résistance, enfin celle des cônes et des bâtonnets.

---

(1) C. Colucci. *Conseguenze della recisione del nervo ottico nella retina di alcuni vertebrati*. Ann. di Nevrologia, XI.

La clinique et l'anatomie pathologique ont fait avancer aussi près que possible d'une solution définitive le problème de la localisation corticale de l'hémianopsie bilatérale homonyme, en d'autres termes, du centre cérébral de la vision. Comme l'a montré Séguin, les observations cliniques à lésion minima, dont le foyer, ancien et stationnaire, peut être plus étroitement circonscrit, sont absolument contraires aux thèses doctrinales de D. Ferrier et décidément favorables à la doctrine de Munk touchant le territoire cortical de la vision mentale. Munk attribue l'hémianopsie transitoire ou l'amblyopie consécutive à l'extirpation du pli courbe (*gyrus angularis*) à la réaction inflammatoire du lobe occipital, surtout à la lésion (par compression, etc., mais non destructive ici) des radiations optiques de Gratiolet et de Wernicke qui, des corps genouillés externes, gagnent les lobes occipitaux en passant sous le lobe pariétal inférieur et le pli courbe. C'est ce simple fait d'anatomie qui explique l'erreur célèbre de D. Ferrier et de ceux qui l'ont suivi. Toute lésion du *gyrus angularis*, de la circonvolution supramarginale et du lobe pariétal inférieur atteint presque sûrement le faisceau de projection des fibres visuelles. Si elle le détruit, la rupture du câble, pour ainsi dire, qui assurait la communication entre la dernière station optique sous-corticale et l'écorce du lobe occipital est fatalement suivie de la cécité corticale, absolue, hémianopique, des deux moitiés rétiniennes dont ce câble transmettait en quelque sorte les messages. De même, si une lésion destructive intéresse la station terminale où ces fibres devaient aboutir.

Cette station, pour Séguin, se trouve sur la face interne du lobe occipital, dans le *cuneus*. Sur quarante-cinq cas d'hémianopie par lésions de l'encéphale, Séguin en a superposé seize, dont les lésions étaient purement d'origine occipitale, sur une feuille de papier, au moyen d'applications successives de couches d'encre de Chine : le maximum d'intensité de coloration due à la superposition du plus grand nombre de couches d'encre correspondait au *cuneus*.

Le mémoire de Séguin est demeuré une des pierres d'angle de la doctrine de l'hémianopsie corticale (1). Forel, qui avait vu dès le principe que les faits ne s'accordent pas avec une « localisation générale » des fonctions du cerveau, à la manière de Golgi et de Gudden, s'était rangé à l'opinion de Séguin : « Certains éléments du réticulum de l'écorce du coin méritent bien, dans leur ensemble, a écrit Forel, le nom de « sphères visuelles » (Séguin), parce que, dans ces éléments, a lieu la terminaison du système des fibres (*Sehstrahlungen, fasciculus opticus*) issues des centres du nerf optique, et parce que toute destruction notable, soit de ce système de fibres, soit de l'écorce du coin, provoque des troubles de la vision (hémiopie, etc.). Quand les excitations optiques ont atteint cette région de l'écorce, elles y sont sans doute conservées sous forme d'images visuelles commémoratives, et s'y

(1) Séguin (New-York), *Contribution à l'étude de l'hémianopsie d'origine centrale*. Arch. de neurologie, 1886, 296.

trouvent naturellement reliées, au moyen de systèmes de fibres d'association des plus variés, avec d'autres territoires de l'écorce, qui peuvent servir de substratum organique aux images mnémoniques associatives. Que la transmission de ces excitations ait lieu par continuité ou par contiguïté des ramifications des fibrilles nerveuses enchevêtrées, cela ne change absolument rien aux faits anatomo-physiologiques des localisations (1). »

Nothnagel n'a pas montré moins de pénétration et de sens vraiment clinique dans cette question capitale de l'hémianopsie, où l'on a vu Charcot lui-même errer. Qu'une lésion unilatérale de l'écorce cérébrale puisse frapper d'amblyopie uniquement l'œil opposé, Nothnagel ne peut l'admettre, et, à toutes les objections, il *sent* qu'on peut répondre victorieusement en appelant d'un examen périmétrique incomplet ou même nul à un examen plus exact; on *doit* trouver l'hémianopsie. Chez l'homme, cette cécité partielle d'origine corticale est liée exclusivement aux lésions du lobe occipital ; les lésions corticales d'autres parties du cerveau n'ont jamais eu pour effet une hémianopsie durable, permanente, une lésion de déficit de la vision. Des matériaux anatomo-cliniques rassemblés par Nothnagel, il résulte que l'écorce du lobe occipital n'est pas dans sa totalité physiologiquement homogène quant à la vision : « La perception des impressions lumineuses venue des objets éclairés est limitée à une partie assez circonscrite de l'écorce du lobe occipital (2). » Ce centre de perception optique, Nothnagel le localise, avec Séguin, dans l'écorce du *cuneus*, mais il y comprend en outre O^1. Déjà Exner avait conclu d'un petit nombre de cas que *le territoire cortical de l'œil (Rindenfeld des Auges)* devait être situé dans cette dernière circonvolution (O^1) ; il avait vu la lésion s'étendre à O^2, et, sur la face interne, au *cuneus* (3). Deux autopsies de cerveaux d'aveugles publiées par Huguenin, dans lesquels l'extrémité supérieure de O^1 était atrophiée, et qui s'accordaient aussi bien entre elles qu'avec les résultats connus jusqu'alors par Exner, le confirmèrent dans sa doctrine. O. Berger localisa aussi dans O^1 le point d'irradiation terminale des radiations optiques. Mais Nothnagel apporte cet argument en faveur de la différenciation physiologique du *cuneus* et de O^1 : c'est que O^2 et O^3, le lobe lingual et le lobe fusiforme, ont été, dans les autopsies, trouvés détruits sans qu'il eût existé d'hémianopsie.

Naturellement les lésions destructives de la substance blanche sagittale, en isolant les radiations optiques du *cuneus* et de O^1, peuvent toujours provoquer les mêmes symptômes que les lésions du territoire cortical où ces faisceaux se terminent. Ainsi, pour le clinicien de notre temps qui a le plus fait pour l'avancement de la science du diagnostic topographique des affections du système nerveux central, pour Nothnagel, le champ optique de perception (*das optische Warhnehmungsfeld*) est localisé dans le *cuneus* et O^1 ; une lésion unilatérale de ces parties produit l'hémianopsie ; une lésion bilatérale, la cécité complète, absolue. C. Reinhard a cru que O^2 correspondait à la *macula lutea* et que les faisceaux de fibres maculaires s'y projetaient ; il ajoutait que chaque point de l'expansion corticale du nerf optique est en rapport avec deux points identiques des moitiés rétiniennes homonymes correspondantes.

---

(1) Aug. Forel. *Einige hirnanatomische Betrachtungen und Ergebnisse*. Arch. f. Psych., XVIII.

(2) H. Nothnagel et B. Naunyn. *Ueber die Localisation der Gehirnkrankheiten*. Wiesbaden, 1887, 10.

(3) Sigm. Exner. *Untersuchungen über die Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen*. Wien, 1881, 60 sq.

Dans une sorte de domaine intermédiaire entre l'aphasie et la cécité psychique, on rencontre l'*aphasie optique*. WILBRAND décrit déjà fort bien le phénomène (Arch. f. Ophthalmol., XXXI) : il résulte d'un arrêt des courants nerveux servant à associer à distance les images optiques du lobe occipital avec les images tonales des mots qui, dans le lobe temporal (T_1 et T_2), correspondent aux éléments optiques des signes du langage, le centre de l'audition verbale étant lui-même intact, puisque le malade entend et comprend tout ce qu'on lui dit. Mais les *voies d'association* reliant les images de la sphère visuelle droite avec les circonvolutions temporales *gauches*, où se trouve le *depositorium* des images tonales des mots, étaient interrompues à la limite qui sépare les lobes occipital et temporal. Trois étapes se trouvent sur la route qui sépare le centre optique droit et le centre des images tonales des mots des circonvolutions temporales gauches. Cette voie passe en effet : 1° dans la substance blanche du lobe occipital droit ; 2° à travers le corps calleux (*splenium*) ; 3° dans la substance blanche de l'hémisphère gauche jusqu'à T_1 et T_2. C.-S. FREUND, qui a écrit une remarquable étude sur l'aphasie optique, a recherché comment les fonctions du langage sont influencées par les troubles cérébraux de la vision (1). Il a observé (obs. 1) un malade, atteint d'une hémianopsie droite homonyme, qui ne pouvait nommer les objets présentés à sa vue, alors qu'il les nommait aussitôt correctement lorsque, les yeux fermés, il les explorait avec la main, par conséquent au moyen des représentations tactiles (*Tastvorstellungen*). Dans le principe il n'existait ni agraphie ni alexie verbale, quoiqu'il ne pût bien lire ni bien écrire, la plupart des lettres lui paraissant étrangères et inconnues. Plus tard le champ visuel gauche se rétrécit beaucoup, des troubles d'orientation apparurent, comme dans la *cécité psychique*.

L'*aphasie optique*, ou l'*aphasie sensorielle optique*, comme FREUND voudrait que l'on dit, cette affection formant une sorte de pendant à l'*aphasie sensorielle acoustique* de WERNICKE, son maître, peut être définie : un empêchement considérable à trouver les noms des objets par la vue, alors qu'on dénomme ceux-ci exactement soit par le toucher, soit par l'olfaction ou le goût. Dans presque toutes les observations d'aphasie optique, des lésions homonymes des champs visuels droits furent constatées ; les lésions occupaient toutes les parties postérieures du cerveau (lobe occipital ou occipito-temporal), mais ces lésions ont été jusqu'ici trouvées fort étendues, non circonscrites ; dans tel cas, l'écorce était seule atteinte, dans

(1) C.-S. FREUND. *Ueber optische Aphasie und Seelenblindheit*. Arch. f. Psych., XX, 1889, 276 sq.

d'autres la substance blanche seulement. Quand les foyers sont bilatéraux, il existe naturellement de la cécité psychique, comme dans l'observation I de FREUND. Il y a donc de l'aphasie optique avec ou sans cécité psychique ; c'est bien dans ce dernier cas qu'on ne peut nommer l'objet reconnu par la vue à cause d'une interruption des voies d'association des centres de la vision et de ceux des images tonales des mots. Quant à l'interprétation psychologique des faits, elle dérive surtout des doctrines de WERNICKE sur la nature des rapports du mot et de la notion des objets concrets (*Begriffe*). La notion ou l'idée d'un objet est un complexus d'images ou de signes servant à caractériser cet objet et dont le siège anatomique se trouve dans les différents territoires de projection de l'écorce cérébrale (*Sinnesregionen*). Ces images, associées entre elles par les faisceaux d'association, représentent en réalité une *unité fonctionnelle* : l'idée ou la représentation de l'objet. Or, le mot, qui résume en quelque sorte comme un symbole encore plus abstrait toutes ces associations, emprunte nécessairement les éléments constituants de son unité fonctionnelle aux représentations partielles de l'objet, localisées dans les différentes sphères de la sensibilité générale et spéciale de l'écorce. Une destruction des images optiques de cet objet par lésion de l'écorce du lobe occipital, ou une rupture des faisceaux reliant le lobe occipital au lobe temporal, en empêchant l'évocation de l'élément optique entrant dans la composition de l'image tonale du mot, empêchera, du même coup, la renaissance de cette dernière image, qui pourra, d'ailleurs, toujours être suscitée par les autres territoires sensitifs ou sensoriels de l'écorce demeurés en connexion avec le lobe temporal gauche. A côté de l'*aphasie optique*, il doit donc exister une *aphasie tactile* (1), une *aphasie olfactive, gustative, auditive,* si ce trouble consiste dans la perte de l'innervation centrale des éléments correspondants de l'image empruntés aux différents territoires de l'écorce cérébrale qui ont concouru à sa production.

Pour qu'un objet soit reconnu, tous les éléments entrant dans la composition de sa représentation doivent pouvoir être excités. Si quelques éléments de cette « unité fonctionnelle » font défaut, ou si les voies d'association qui réalisent la possibilité de cette évocation sont interrompues, l'objet peut être vu, entendu, senti, etc. : il n'est pas reconnu. C'est ce que MEYNERT (*Psychiatrie. Klinik der Erkrank. d. Vorderhirnes*, p. 142), WERNICKE et les élèves de l'École de Breslau, FREUND, LISSAUER, H. SACHS, ont établi. La *cécité psychique* n'est qu'un cas de ces principes. Après l'ablation des centres de la vision mentale, correspondant, suivant

---

(1) V. FARGES. *Aphasie chez une tactile*. L'Encéphale, 1887, 547.

Munk, aux territoires rétiniens de la vision distincte, les animaux continuent à voir les gens, les objets, les lieux : ils ne les reconnaissent plus. Mais il existe plus d'une forme de cécité psychique, et celle-ci n'implique pas de nécessité la destruction des images mentales de la vision : il suffit que les connexions de ce centre avec les autres centres de l'écorce, qui ont été associés à la production de l'idée ou de la notion de l'objet, soient rompues. Dans ce cas, le chien, à la vue du fouet, ne fuira plus ; il ne tremblera à l'idée de la correction et ne se terrera que s'il entend encore le claquement de l'instrument de supplice. Une lésion étendue de la substance blanche des deux lobes occipitaux suffira donc pour produire la *cécité psychique,* l'écorce restant intacte (au moins jusqu'à l'apparition des phénomènes de dégénérescence).

L'idée que Wernicke avait attachée au mot *asymbolie* n'enveloppait pas seulement la perte des images optiques, mais de toutes celles qui entrent dans la constitution de la notion (*Begriff*) de l'objet. Ces malades voient, disait Wernicke, car ils évitent les obstacles ; l'expression des traits de leur visage indique qu'ils entendent ; ils tâtent ce qu'ils touchent avec leurs mains, et par des mouvements bien ajustés : toutes les impressions qu'ils acquièrent ainsi leur demeurent pourtant étrangères et inutiles ; ils ne reconnaissent plus ces objets. Il signalait aussi l'espèce d'absence de volonté (*Willenlosigkeit*), le manque de toute incitation à agir, qui caractérise ces malades. Ce symptôme, il le considérait, sans doute avec raison, comme un effet du premier. Même lorsque les malades ne sont point tout à fait privés d'images optiques, qu'il s'agit peut-être moins de cécité que d'*amnésie optique* (Wilbrand), et que quelques objets peuvent encore être reconnus par un effort d'attention, on n'a point constaté qu'ils tirent parti de ces impressions visuelles (Reinhard). Il existe pourtant presque toujours, dans les deux champs visuels bilatéraux, au point de fixation, chez l'homme, nous l'avons rappelé, une persistance de la vision centrale suffisante pour qu'on ne puisse parler de cécité corticale totale. Le malade pourrait encore, par exemple, s'orienter. Mais c'est qu'il ne suffit pas plus de voir que d'entendre ou de toucher pour reconnaître, et le degré de l'acuité visuelle n'a rien à faire avec l'intelligence quand la condition même de l'intelligence, je veux dire l'évocation des « unités fonctionnelles ou psychiques » de l'écorce cérébrale par le jeu des associations, a péri pour toujours (1).

---

(1) Cf. L. Bianchi. *Contributo clinico ed anatomo-patologico alla dottrina della cecità verbale (afasia ottica).* Annali di nevrologia, n. s., a. IX, 1891. Je lis dans ce remarquable essai une réflexion qui ne doit pas être perdue : « Toutes ces observations, dit Bianchi, et quelques autres

Oppenheim, Pick, Jaboulay, Lannois ont plusieurs fois attiré l'attention sur l'association de l'*aphasie optique* ou de l'*hémianopsie* dans les abcès cérébraux d'origine otique. Dans ces cas, relativement au diagnostic local ou topographique, la lésion doit être localisée dans la région postérieure de la substance blanche des deuxième et troisième circonvolutions temporales (T_2 et T_3). Dans un cas, où la malade, femme de 25 ans, reconnaissait les objets, pouvait décrire leur usage, mais non les dénommer par leur nom, l'intelligence du langage étant intact, Pick diagnostiqua un abcès dans cette région et en trouva un de la grosseur d'un œuf. Le gyrus angulaire et le lobe occipital étaient intacts ; il n'y avait pas d'hémianopsie. L'absence d'aphasie sensorielle ne plaidait pas moins contre une participation éventuelle de T_1 et de la lèvre supérieure de T_2 (1).

II. Hallucinations hémiopiques homonymes. — *Hémianopsies en secteur, hallucinations visuelles unilatérales.* — Les hallucinations de la vue dans la partie abolie du champ visuel s'observent quelquefois dans l'hémianopsie d'origine corticale. Mais ce phénomène, déterminé par une lésion irritative de l'écorce du lobe occipital, est ici simplement surajouté à la lésion destructive qui a produit la cécité partielle des deux yeux. Avec Tamburini, nous définissons l'hallucination *une sorte d'épilepsie des centres sensoriels*. Les cas de lésions destructives du lobe occipital ont souvent été précédés de processus irritatifs qui ont provoqué des hallucinations de la vue. Charcot, Ferrier, Séguin, Gowers, etc., l'ont noté expressément. Westphal, Gowers, Monakow, Seppilli, Tamburini et Riva ont constaté à l'autopsie des lésions du lobe occipital dans des cas d'hallucination de la vue. Il y a plus : les hallucinations de la vue peuvent servir à déterminer le point circonscrit de l'écorce cérébrale où siège la lésion dont elle est le symptôme. Dans le cas célèbre d'Arnold Pick, le malade, avant de s'endormir, le soir, voyait de l'œil droit des personnes à lui connues, de grandeur naturelle, mais la tête et le buste lui apparaissaient seuls le plus souvent. De même, si dans ses hallucinations il

---

encore fournissent autant de preuves de ce fait, — que toute fonction sensible et motrice, longtemps exercée, détermine une sorte de *sélection cellulaire dans l'écorce cérébrale*, grâce à laquelle *une partie des éléments destinés à une fonction générale se différencient fonctionnellement* des autres, réalisant pour leur compte cette *division du travail* qui est la condition du perfectionnement et, partant, de tout progrès » (p. 28 et 29).

(1) Zaufall. *Otitischer Gehirnabscess im linken Temporallappen. Optische Aphasie. Eröffnung durch Trepanation. Heilung. Bemerkungen von* Prof. A. Pick. Prager medic. Wochenschr., 1896, n° 5 sq. A. Pick. *Beiträge zur Pathologie u. patholog. Anatomie des Centralnervensystems.* Berlin, 1898. Cf. Lannois et Jaboulay. *L'hémianopsie* dans les *abcès cérébraux d'origine otique.* Rev. de méd., 1896, 659. — Beevor and Horsley. *Traumatic abscess of the region left angular gyrus with right Hemianopsie and Word Blindness treated by Operation.* Brit. med. Journ., 1891, 21 nov. Chute de cheval d'un enfant de 12 ans sur la moitié gauche de la tête. Fracture et nécrose. Ouverture d'un abcès à la partie supérieure du gyrus angulaire et du lobe occipital. Après l'opération, *cécité verbale* ; hernia cerebri ; exitus letalis.

voyait une forêt, il ne distinguait que la cime des arbres, les parties inférieures restant dans l'ombre. Le périmètre indiqua un rétrécissement considérable du champ visuel de l'œil droit, en haut et un peu en dedans, c'est-à-dire une cécité du segment inférieur et externe de la rétine droite. Sur la « rétine corticale », dans le cerveau, la lésion devait occuper la région correspondant, chez l'homme, à la zone postérieure ou inférieure de la sphère visuelle du singe (Schäfer, Munk). De même que le diagnostic topographique des lésions, soit irritatives, soit destructives, des circonvolutions centrales, déterminant des épilepsies ou des paralysies d'origine corticale, est aujourd'hui assez certain pour que le siège exact en puisse être circonscrit (1), il devient possible également, à l'aide des faits expérimentaux et anatomo-cliniques, de délimiter la région cérébrale des lésions, soit irritatives, soit destructives, du centre de la vision, qui déterminent soit la production des hallucinations, soit l'abolition de la fonction.

Encore relativement aux hallucinations dans les hémianopsies en secteur, Hun a observé qu'une destruction de la lèvre supérieure de la scissure calcarine par atrophie de la moitié inférieure du *cuneus* droit avait produit une hémianopsie dans le quart inférieur gauche du champ visuel des deux côtés. Rétrécissement concentrique du champ visuel conservé (2). Le cas d'hémianopsie inférieure bilatérale décrit par Hoche est surtout d'un vif intérêt. Il s'agissait d'une femme de vingt-sept ans qui, après de graves accidents post-puerpéraux (hémorrhagie, fièvre, etc.), et d'ailleurs héréditaire, présenta au cours d'une psychose consécutive une perte absolue bilatérale de toute la moitié inférieure du champ visuel. En présentant à la malade le cadran d'une montre marquant neuf heures treize minutes, elle vit bien les deux aiguilles et les chiffres X, XI, XII, I et II du haut du cadran, mais ne distingua rien plus bas. Durant quelques jours, elle aperçut une tête dont la moitié inférieure restait dans l'ombre. Entre autres hallucinations du champ visuel hémiopique inférieur, la malade voyait des fleurs de couleur bleue et jaune en mouvement. Elle se plaignait en outre d'hallucinations olfactives, quoique l'odorat fût aussi complètement aboli sur les deux narines que la vue sur toute la moitié inférieure du champ visuel. Il existait aussi des hallucinations de l'ouïe à droite ; les saveurs n'étaient pas senties ; sensibilité diminuée sur tout le corps ; anesthésie du pharynx. La limite horizontale des champs visuels supérieur et inférieur était très nette, l'examen périmétrique l'établit ; le fond de l'œil était normal ; les pupilles réagissaient aussi bien à l'accommodation qu'à la lumière ; les réflexes pupillaires étaient conservés sur les moitiés inférieure et supérieure de la rétine (3).

Le cas de Frederik Peterson est également fort curieux. Une femme de quarante-cinq

---

(1) Allen Starr. *La chirurgie de l'encéphale*. Trad. par A. Chipault. Préface de S. Duplay. Paris, 1895. Cf. pour la localisation de la sphère visuelle, A. Starr, American Journal of medic. sciences, 1884, vol. 88.

(2) Hun. Obs. I. American Journ. of medic. sciences, 1887.

(3) Hoche. *Doppelseitige Hemianopsia inferior und andere sensorischsensible Störungen bei einer functionellen Psychose*. Arch. f. Psych., XXIII. D'autres cas d'hémianopsie en secteur ont été observés par Wilbrand, Henschen, etc.

ans, à la suite d'hémorrhagies post-puerpérales profuses, éprouve une violente céphalalgie dans la région temporale droite ; les choses lui apparaissent dans un brouillard, puis une hémianopsie homonyme gauche survient : des hallucinations apparaissent bientôt dans la moitié obscure du champ visuel ; des rats, des chiens, des enfants. Les enfants formaient une procession, marchaient en rond, les animaux demeuraient immobiles. Ces hallucinations hémiopiques ont persisté, sans interruption, excepté durant le sommeil, quatre semaines : elles ont disparu tout à coup, mais l'hémianopsie a persisté (1).

Nous ne pouvons citer que pour mémoire les autres cas, très peu nombreux encore, d'hallucinations hémiopiques homonymes dont on doit la connaissance à Séguin, à Féré, à Bidon, à Higier. Dans un cas d'hémianopsie gauche accompagné d'hémiplégie et d'hémianesthésie du même côté, rapporté par Colman (2), la malade voyait une foule de visages dans son champ visuel aveugle ; elle avait parfaitement conscience de la nature hallucinatoire de ces visions. L'observation que H. Lamy a publiée avec des considérations générales sur la nature et le mécanisme de ces hallucinations (3) se distingue des autres par une particularité essentielle : l'hallucination visuelle se manifestait ici sous la forme clinique d'une véritable épilepsie sensorielle surajoutée à une hémianopsie permanente. L'hallucination avait le caractère d'un paroxyme et coïncidait avec une légère perte de conscience ; l'absence était même autrefois accompagnée de mouvements convulsifs de la face, c'est-à-dire d'épilepsie partielle motrice. Ainsi, chez une femme de trente-cinq ans, dont les accidents cérébraux, d'origine syphilitique, consistaient en absences fréquentes et en perte croissante de la mémoire, il y eut d'abord de l'hémianopsie homonyme gauche : la malade ne voyait que la moitié des gens et des choses ; il y a eu ensuite (1892) de l'hémianopsie homonyme droite avec conservation de la vision centrale, ce qui indique sûrement le siège cortical ou immédiatement sous-cortical de la lésion. Pendant l'absence, la vue se brouille tout à coup : alors la malade aperçoit, un peu à droite de la ligne médiane, dans la partie du champ visuel où les objets extérieurs ne sont plus perçus, une figure qui lui paraît très voisine de son œil droit ; c'est une tête d'enfant souriante, tournée à l'envers, avec deux yeux qui la regardent fixement ; les yeux et le front sont très distincts : le reste de la figure est vague. Au sortir des absences, la malade a le souvenir très net de cette apparition. Le caractère de constance et d'uniformité de cette hallucination permet de l'identifier complètement, selon moi, avec les auras sensorielles des épilepsies.

Ces hallucinations de la vue ne paraissent pas s'étendre aux autres centres sensoriels et sensitifs de l'écorce cérébrale : la malade de Hoche et celle d'Higier voient des fleurs diversement colorées, mais ne témoignent pas en sentir l'odeur. Presque toutes ces visions, d'une plasticité singulière, se meuvent et se déplacent, progressent en longues files disparaissant à l'horizon, etc. Je crois pourtant que, lorsque le nombre des cas de ce genre d'hallucinations visuelles sera plus grand, on consta-

---

(1) Fr. Peterson. *A second note upon homonymous hemiopic Hallucinations*. New-York med. Journal, 1891, 31 janv.

(2) S. Colman. *Hallucinations in the sane associated with local organic disease of the sensory organs*. Brit. med. Journ., 1894.

(3) H. Lamy. *Hémianopsie avec hallucinations dans la partie abolie du champ de la vision*. Revue neurologique, 15 mars 1895.

tera l'existence d'hallucinations concomitantes d'autres sens, de l'audition surtout et de l'odorat, quoique moins intenses, et subordonnées à l'élément visuel de l'hallucination, comme dans l'audition colorée et les autres synesthésies d'origine corticale (1).

En somme, il s'agit, dans ces cas d'hallucinations hémiopiques homonymes, d'un phénomène comparable aux hallucinations unilatérales (2). Qu'elles affectent une moitié ou les deux moitiés du champ visuel, les hallucinations sont ce qu'après TAMBURINI, EXNER appelle des épilepsies corticales partielles, et NOTHNAGEL « l'analogue des convulsions corticales comme effet de processus irritatifs des régions de l'écorce, dont d'autres lésions produisent l'hémianopsie et la cécité psychique ». On a vu, pour ne parler que des cas d'hallucinations qui viennent d'être décrits, que l'image hallucinatoire est projetée et extériorisée comme l'est une image réelle dans la perception normale des choses du monde extérieur. Car il va de soi qu'on ne perçoit qu'une image subjective des choses, non les choses elles-mêmes, et que c'est par une illusion qu'on identifie cette

---

(1) C'est une remarque très juste de H. LAMY, et résultant très exactement des faits observés, que cette limitation des hallucinations à un seul sens explique que « les sujets aient généralement conscience de la fausseté de leurs visions ». Dans le cas de HOCHE, où les hallucinations sensorielles étaient multiples, la malade était, en effet, aliénée.

Ce qui a été dit plus haut de la migraine ophthalmique et de la nature du scotome scintillant montre combien est légitime le rapprochement que fait H. LAMY entre ce syndrome et les hallucinations hémiopiques. Ces troubles de la vision sont naturellement localisés par cet auteur dans l'écorce du lobe occipital, mais comme cette localisation doit rendre compte à la fois, selon lui, et de l'hémianopsie et de l'hallucination, il situe la lésion, organique ou fonctionnelle, à la face interne du lobe occipital, dans le territoire calcarinien. Il ajoute que « la lésion incriminée est seulement corticale, selon toute vraisemblance, ou du moins qu'elle n'intéresse pas la continuité des radiations optiques, car, en ce cas, l'hémianopsie se fût accompagnée de troubles de la sensibilité générale ». C'est là une erreur, dont nous connaissons l'origine, puisque nous en avons fait l'histoire, et qui remonte à CHARCOT. Les épigones de l'époque héroïque de l'École de la Salpêtrière n'ont pourtant plus à redouter les durs regards du maître disparu. Pourquoi persistent-ils dans des erreurs doctrinales aussi archaïques ? J'ajoute, ne croyant plus utile de discuter les rapports de la sensibilité générale avec les radiations optiques, que si la lésion de l'hémianopsie homonyme doit être, en effet, localisée dans le territoire calcarinien, cette lésion ne peut provoquer que secondairement, à distance, les processus irritatifs du point de l'écorce du lobe occipital d'où part l'hallucination. La lésion primitive, qui peut et doit sans doute déterminer l'hallucination, ne coïncide pas avec la région, beaucoup plus étendue, où se trouvent réalisées les conditions fort complexes de l'apparition de ces petits drames de la vision mentale. Cela ne veut pas dire que les neurones de la « rétine corticale » aient d'autres fonctions que celles du reste des régions du lobe occipital en rapport avec la vision : je ne crois pas à l'existence de ces éléments de perception que MUNK et WILBRAND opposent aux éléments de représentation de la sphère visuelle. Cela veut dire que les associations nécessaires et suffisantes pour réaliser des hallucinations aussi complexes doivent s'étendre sur des espaces plus vastes que le fond de la scissure calcarine, et, probablement, sur la convexité du lobe occipital.

(2) G. SEPPILLI. *Contributo allo studio delle allucinazioni unilaterali*. Riv. speriment. di freniatria, 1890, XVI, 82.

image purement subjective ou imaginaire aux impressions des sens déterminés par l'objet dont l'existence ne saurait être admise par la raison humaine qu'à titre de postulat. Taine a appelé la perception une hallucination vraie, et cela est parfaitement exact, quoique l'autre hallucination, la fausse, ne soit pas moins vraie, puisque la perception ne saurait être de nature différente, je ne dis pas seulement chez l'homme sain d'esprit et chez l'aliéné, mais chez le même individu, tour à tour obsédé ou libre d'hallucinations, sans être le moins du monde aliéné.

L'*intensité de l'image mentale fait sa vérité*. Quand cette intensité est suffisante, l'image mentale est perçue et interprétée comme une sensation rétinienne. S'il en est ainsi, si toute perception, vraie ou fausse, est une hallucination, et si l'hallucination est une excitation des centres sensoriels ou sensitifs de l'écorce cérébrale des hémisphères, une lésion irritative d'un lobe occipital projettera au dehors, sur les moitiés homonymes des deux champs visuels, une image ou un groupe d'images dites hallucinatoires. De même qu'une lésion destructive unilatérale du lobe occipital détermine une hémianopsie bilatérale homonyme, affectant de cécité partielle les deux moitiés correspondantes du champ visuel, une lésion irritative unilatérale des mêmes régions doit déterminer une hallucination bilatérale homonyme affectant partiellement les champs visuels des deux yeux. Dans un cas bien observé de Fr. Peterson (1), les hallucinations de la vue (squelettes) n'apparaissaient que dans la moitié des deux champs visuels droits, ne dépassant jamais la ligne verticale de démarcation des deux moitiés saine et aveugle du champ visuel.

Ce ne serait rien objecter de valable que de prétendre que les malades n'accusent d'ordinaire qu'une hallucination unilatérale de la vue ou de l'ouïe. Les malades ne savent pas observer et n'ont point mission de faire la science. Que d'hémianopsiques qui, sans être des hystériques, telle que la malade de Lamy, ne s'aperçoivent pas et ne se sont jamais aperçu de leur hémicécité! Si l'on songe au petit nombre d'hallucinations unilatérales que la science possède, et aux conditions dans lesquelles les observations ont été faites pour la plupart, on inclinera sans doute à penser qu'avant de chercher à expliquer un fait aussi inexplicable que celui d'hallucinations unilatérales, il serait utile d'établir s'il existe. Or, il n'existe pas, parce qu'il ne peut pas plus exister que la cécité unilatérale et croisée par lésions centrales ou corticales de l'appareil de la vision.

(1) F. Peterson. *Homonymous hemiopic Hallucinations*. New-York med. Journ., 1890, 30 Aug.

Cécité corticale. — *Vision des couleurs; mémoire des lieux; idées d'espace.* — La cécité complète, la cécité corticale de MUNK (*Rindenblindheit*), l'amaurose cérébrale comme on devrait peut-être dire, n'est qu'une hémianopsie cérébrale double. Une double hémianopsie produit une cécité totale. Qu'un ramollissement par oblitération embolique, par exemple, des artères cérébrales postérieures, détruise d'emblée l'écorce des deux coins de la face interne des lobes occipitaux, comme dans le cas de BOUVERET (1), la cécité sera soudaine, entière, permanente, quoique les nerfs optiques, le chiasma, les bandelettes optiques, les corps genouillés externes, les couches optiques et les tubercules quadrijumeaux antérieurs puissent être intacts comme dans ce cas. C'est que l'homme ne voit pas avec ses centres optiques primaires. Chez le chien, l'ablation totale et simultanée du tiers postérieur des trois premières circonvolutions parallèles, c'est-à-dire de la région correspondant aux lobes occipitaux des singes, est également suivie de cécité immédiate, complète, permanente, des yeux (MUNK, SCHÄFER, VITZOU). Il en va autrement, on le sait, chez les vertébrés inférieurs. Une lésion double sur la face interne des deux coins, ou plus exactement sur les deux territoires calcariniens, voilà la cause unique et suffisante de la perte subite des perceptions de la lumière, des couleurs et des formes chez le singe et chez l'homme. Dans le cas d'OULMONT où, comme dans celui de BOUVERET, la cécité s'est constituée d'un seul coup, le ramollissement s'étendait aussi aux deux lobes occipitaux, mais sur les faces interne et externe (2), tandis qu'il était presque confiné au coin dans la première observation, ce qui a même induit BOUVERET a écrire ceci : « Il est probable que, chez l'homme, la face externe du lobe occipital est étrangère à la vision. » Le ramollissement intéressait d'ailleurs la substance blanche, dans le cas de BOUVERET, et s'étendait jusqu'à la paroi de la corne postérieure du ventricule latéral. Ces deux cas, réunis à ceux qu'a rassemblés A. CHAUFFARD dans son mémoire

---

(1) L. BOUVERET. *Observation de cécité totale par lésion corticale. Ramollissement de la face interne des deux lobes occipitaux.* Revue génér. d'ophtalmologie, 30 novembre 1887. Cf. Lyon médical, 1887, 338. Outre le *cuneus*, le ramollissement comprenait, sur la face interne, les parties postérieures du lobe lingual et du lobe fusiforme.

(2) OULMONT. *Cécité subite par ramollissement des deux lobes occipitaux.* Gazette hebdomadaire, 1889, 607. Sur l'hémisphère droit, le ramollissement occupait presque tout le lobe occipital : O^2, O^3, et la partie inférieure de P^2 ; les deux tiers postérieurs des T^2 et T^3, sur la face externe ; sur la face interne, tout le *cuneus*, les lobules lingual et fusiforme. Sur l'hémisphère gauche : le ramollissement comprenait, sur la face externe, O^1, O^2, O^3, la partie supérieure de P^1, sur la face interne, le *cuneus*, la moitié postérieure des lobules lingual et fusiforme et la moitié de l'avant-coin ou lobe carré.

intitulé : *De la cécité par lésions combinées des deux lobes occipitaux* (1), renferment des matériaux précieux pour l'histoire de la cécité corticale. CHAUFFARD considère le *cuneus* et O[1] comme le point d'irradiation terminale des fibres visuelles. Il a proposé d'appeler la cécité corticale *anopsie corticale*. Voici les caractères du syndrome qui, selon lui, se montreraient constants : cécité complète, avec perte même des sensations lumineuses, conservation des souvenirs optiques, intégrité ophthalmoscopique du fond de l'œil, égalité des pupilles, moyennement dilatées, conservant leur réactivité réflexe lumineuse, ce qui implique l'intégrité anatomique et fonctionnelle des centres primaires optiques.

Le cas d'hémianopsie bilatérale homonyme double, ou de *cécité corticale,* dû à un ramollissement simultané des deux lobes occipitaux, par embolie sans doute, qu'a publié PHILIPP SCHIRMER (2), est surtout important parce que la destruction des deux centres corticaux de la vision a été accompagnée d'une hallucination très nette de la vue, et que ce phénomène d'excitation ne peut être rapporté ici qu'à l'écorce, sans avoir été provoqué par l'état ou par les lésions de l'appareil périphérique de la vision, des ganglions sous-corticaux ou des conducteurs optiques. En outre, l'hallucination ne s'est pas produite quelque temps après, mais au moment même de la destruction des territoires irrigués par les *arteriae profundae cerebri,* l'oblitération ayant probablement eu lieu au point de bifurcation de l'artère basilaire, qui était très athéromateuse, comme toutes les artères cérébrales du sujet d'ailleurs.

Il s'agit d'un homme peut-être alcoolique, entré dans un hospice de vieillards de Francfort en 1876 ; il avait 74 ans (1883). Il revenait d'une promenade, et était arrivé au seuil de la maison, lorsqu' « il vit tout à coup du feu devant ses yeux » et devint subitement aveugle des deux yeux. Dès le premier jour, il ne distingua plus le clair de l'obscur. Il n'y avait eu ni vertige, ni perte de connaissance. En le questionnant, on apprit qu'il avait éprouvé déjà, un an auparavant, de légers vertiges et des troubles passagers de conscience. Après sa cécité, ses jambes devinrent plus faibles, la droite d'abord, puis la gauche ; il marchait avec peine, demeurait sur sa chaise ou s'étendait sur son lit des journées entières ; il ne progressait qu'en s'appuyant aux murs et se tenant aux meubles comme un enfant qui fait ses premiers pas. Plus tard affaiblissement passager du bras droit. Il était très péniblement affecté de sa cécité et fit une grave tentative de suicide. D'ailleurs, et en résumé, pas de paralysie ni d'ataxie, mais une certaine faiblesse, un certain embarras des membres, des jambes surtout. Les réflexes patellaires étaient conservés des deux côtés. Pas de signe de ROMBERG. Pas de trouble de la déglutition. Langage un peu lent, mais normal ; l'attention était difficile à fixer, et depuis son entrée une légère démence existait manifestement. Aussi

---

(1) Revue de médecine, 1888, 131.

(2) PH. SCHIRMER. *Subjecktive Lichtempfindung bei totalem Verluste des Sehvermögens durch Zerstörung der Rinde beider Hinterhauptslappen.* Marburg, 1895.

l'examen de la sensibilité ne put être fait, les réponses du vieillard étant contradictoires. Diminution légère du sens de l'ouïe, à droite surtout. Enfin cécité totale, avec examen ophthalmologique absolument négatif (Krieger). Après la mort (avril 1886), l'autopsie fut faite par L. Edinger lui-même ; le cerveau fut durci dans le liquide de Müller et conservé dans l'alcool jusqu'en mai 1894, où Ph. Schirmer, sous la direction d'Edinger, pratiqua à l'Institut anatomo-pathologique de Senkenberg, à Francfort-sur-le-Mein, une série de coupes de 1 centimètre s'étendant du pôle occipital à 6 centimètres en avant.

Le territoire ramolli correspondait exactement, sur les *deux* lobes occipitaux, au domaine d'irrigation vasculaire des deux *arteriae profundae cerebri*. Le ramollissement comprenait, sur la face interne de l'hémisphère *droit*, le *coin*, le *lobe lingual* et le *gyrus occipito-temporalis*. L'écorce de la scissure calcarine était détruite et par conséquent le bord inférieur du coin et le bord supérieur du lobe lingual. Rien sur la convexité ; la pie-mère s'enleva facilement. A droite plus encore qu'à gauche il existait une dilatation considérable, une véritable hydropisie partielle de la corne postérieure des ventricules latéraux, ainsi que l'avait déjà constaté Edinger à l'autopsie. Sur l'hémisphère *gauche*, tout le *lobe lingual* et toute la partie postérieure du *lobe fusiforme* étaient ramollis ; sur le *coin*, un foyer de forme triangulaire reposait par sa base, d'environ 1 centimètre, sur la scissure calcarine et le sommet atteignait presque la scissure pariéto-occipitale. Écorce en sous-sol dans tout ce territoire. La pointe du lobe occipital gauche, dont les circonvolutions n'étaient pas ramollies, était entourée de tissus nécrobiosés sur les faces externe et interne. Le foyer s'étendait (2 centimètres) sur la convexité de cet hémisphère. Le splenium du corps calleux, à gauche comme à droite, était intéressé dans une mesure que l'observation ne nous permet malheureusement point d'apprécier. Sur toutes les coupes, la radiation optique ne présentait pas de lésion autre que l'atrophie.

Ce cas de ramollissement de l'écorce des deux lobes occipitaux, où les yeux, les nerfs optiques, les ganglions sous-corticaux (les *pulvinaria* pourtant exceptés) et l'ensemble de la voie optique centrale n'offraient rien de particulier, outre son intérêt très élevé au point de vue psychologique, pourrait aussi contribuer, selon Schirmer, à la solution de la question du siège et de l'étendue du centre de la vision corticale. Nous avons dit combien les limites que Henschen et von Monakow attribuent à ce centre diffèrent entre elles. Schirmer localise ce centre, avec Henschen, dans l'écorce du fond de la scissure calcarine, mais dans la *partie moyenne* de cette scissure, parce que la lésion qu'il a relevée sur l'hémisphère gauche occupait ce point. Il en conclut sans plus que, par conséquent, ni la partie antérieure ni la partie postérieure de l'écorce de la scissure calcarine ne peuvent être le siège du centre de la vision corticale (*Sehcentrum*); il est vrai, ajoute-t-il, que la destruction du lobe occipital était si étendue que les radiations optiques ont pu être en même temps détruites dans des parties en connexion avec d'autres régions du *calcar avis*. Ce que nous avons dit de cette localisation, dans l'examen critique des faits et des doctrines à ce sujet de Henschen et de Sachs, nous dispense d'insister. Quant à la lésion également relevée sur le plancher et les lèvres de la scissure calcarine de l'hémisphère droit, Schirmer n'a pas cru devoir

l'utiliser pour la localisation du centre de la vision corticale dont il s'agit. Quoique ce centre se trouve maintenant localisé par les auteurs dans les parties antérieure, moyenne et postérieure de l'écorce de la scissure calcarine, la topographie de son siège, pour être moins étroitement limitée, n'en est sans doute que plus certaine. Mais le principal mérite de cette observation, ce qui la distingue de toutes les observations connues d'hémianopsie corticale uni ou bilatérale par embolie, c'est que le malade a vu, au moment même de l'accident, et non plus tard, « du feu devant ses yeux ». La cécité totale qui suivit immédiatement fut donc précédée ou accompagnée d'un phénomène subjectif de nature hallucinatoire, avec projection de la perception ou de l'image, dont la cause peut être rapportée sans hésitation à l'excitation des deux territoires de la vision corticale par l'effet d'une interruption brusque de la circulation, excitation strictement localisée à ces territoires corticaux, sans troubles périphériques ni centraux.

Pourquoi, dans les lésions destructives d'une ou des deux sphères visuelles, n'avait-on pas jusqu'ici observé d'hallucination de la vue? Dans les cas d'hémianopsie que nous avons cités où ce phénomène existait, il ne s'agissait point de cas d'hémianopsie corticale pure comme dans celui de Schirmer; en outre, elles s'étaient produites après, non au moment de la destruction de l'écorce. Dans l'épilepsie, l'hémorrhagie cérébrale, l'embolie et la thrombose des vaisseaux du cerveau, des phénomènes lumineux, subjectifs, véritables auras visuelles, ont souvent été constatés : flammes, serpents de feu, couleurs, etc. On les a naturellement attribués à des troubles de circulation agissant comme des excitations sur les centres correspondants de l'écorce du cerveau, la théorie corticale des hallucinations étant bien établie, quoique la cause du processus puisse toujours être de nature périphérique ou centrale, comme dans l'épilepsie, cette autre hallucination. Mais le fait qu'ici l'embolie a eu lieu des deux côtés, au même moment, et que l'hallucination de la vue a précédé la destruction irrémédiable des deux centres de la vision corticale chez un sujet dont la conscience générale ne subit même aucune éclipse, réalise en quelque sorte l'expérience physiologique la plus décisive pour la localisation des fonctions de la vision mentale (1).

---

(1) K. Kaestermann in Hamburg. *Ueber doppelseitige homonyme Hemianopsie und ihre begleitenden Symptome*. Monatschr. f. Psych. u. Neurol., 1897, II.

Il résulte des observations de Kaestermann, dont une avec examen microscopique, ainsi que des 27 cas qu'il en rapproche, que dans l'*hémianopsie bilatérale homonyme* les papilles demeurent transparentes comme à l'état normal ; que l'acuité visuelle dans un grand nombre de cas n'est pas

Un autre cas de *cécité corticale* a été publié par Hugo Magnus (Breslau) (1), qui présentait des troubles considérables d'orientation. Deux hémianopsies successives avaient rendu ce malade en apparence complètement aveugle. En réalité, il avait conservé une partie de sa vision centrale ; il voyait et reconnaissait les objets aussi bien que les lettres et les mots : il avait surtout perdu la faculté de s'orienter dans l'espace. Magnus nous semble avoir bien compris que la perte ou les troubles du « sens des lieux » (*Ortssinn*) ne sont pas dus simplement à la destruction ou à l'effacement d'un grand nombre d'images de la sphère visuelle (Groenouw) : dans la cécité corticale, dans l'hémianopsie bilatérale d'origine corticale, le malade conserve d'ordinaire un petit territoire de sa vision centrale qui, dans l'observation de Magnus comme dans celle de Förster, permet encore de lire, avec plus ou moins de difficulté, de petits caractères d'imprimerie. Chez le malade de Magnus, la mémoire des chiffres et des signes graphiques de l'écriture était conservée, ainsi que le sens des couleurs, et l'acuité visuelle s'améliora : il voyait, je le répète, et reconnaissait tous les objets. La faculté d'orientation était perdue au contraire : le sujet ne pouvait décrire un chemin qu'il avait parcouru pendant des années, ni la situation de sa chambre, ni la place des meubles dans cette chambre, où il se tenait depuis plusieurs semaines. Un aveugle, Magnus en fait encore la remarque, serait parvenu en très peu de temps à s'orienter dans un pareil milieu.

Le malade ne pouvait plus *se représenter* ces images associées en séries dont a parlé Sachs ; il ne pouvait non plus en acquérir de nouvelles. Les conditions de la production de nouveaux souvenirs topographiques étaient sans doute abolies. Or ces conditions ne peuvent être que des connexions entre les divers territoires de l'écorce dont la synergie fonctionnelle, reposant sur les associations anatomiques, assure la réalisation. Pour expliquer les troubles de l'orientation, il faut donc sortir de la sphère visuelle et considérer la reconnaissance des lieux comme dépendant de souvenirs et d'images dont les éléments sont aussi bien empruntés aux signes locaux de la rétine qu'aux représentations dites « motrices » des mouvements des articulations, des muscles, des tendons, etc., de la tête et des membres. Ce sont les conditions mêmes de ces associations qui, du lobe occipital, rayonneraient sur le lobe pariétal, et, par les régions rolandiques, atteindraient le lobe frontal (F_1), dont les lésions destructives des centres de la vision corticale, lésions de déficit, de tout point irrémédiables, ont déterminé la disparition.

---

altérée ; que les pupilles réagissent bien, et que la fonction des muscles oculaires externes reste presque inaltérée. Le sens chromatique est souvent conservé, quelquefois aboli. Les *troubles de la mémoire locale* et ceux de l'*orientation*, la *cécité psychique* et les *troubles hémiplégiques de la motilité* sont communs. Le point de fixation est souvent conservé avec un segment plus ou moins grand du champ visuel périphérique. Dans un des cas d'hémianopsie double observé par Kaestermann, aux troubles de la mémoire locale et de l'orientation s'étaient associés des symptômes de cécité psychique et d'abolition de la faculté de percevoir et de se représenter les couleurs. Des *foyers de ramollissement existaient dans les deux lobes occipitaux*. Sur le plancher de chaque scissure calcarine, près de la pointe du lobe occipital, se trouvaient deux foyers symétriques. Kaestermann ne doute pas que le siège du centre cortical de la vision ne soit dans l'écorce de la scissure calcarine ou dans son entourage immédiat, et que les lésions de déficit homonymes du champ visuel ne dépendent de lésions matérielles de la scissure calcarine, enfin, que les *troubles de la mémoire des lieux* ne soient symptomatiques d'une altération des lobes occipitaux. Dans tous les cas connus où des troubles de cette dernière mémoire ont persisté d'une manière *durable*, l'existence de lésions en foyer dans les *deux* lobes occipitaux a été constatée à l'autopsie.

(1) *Ein Fall von Rindenblindheit*. Deutsche med. Wochenschr., 1894, XX, 4.

Mais aucune de ces observations cliniques ne présente l'intérêt scientifique du cas de FÖRSTER. Nous possédons sur cette observation non seulement l'étude clinique de FÖRSTER, mais une étude anatomo-pathologique du cerveau du malade publiée par SACHS (1). C'est à ces deux sources, abondantes et profondes, qu'il faut aller pour la connaissance de la cécité corticale.

Il s'agissait d'un fonctionnaire de l'administration des postes, buveur de bière, qui, vers trente-neuf ans, eut à cinq ans de distance, en 1884 et en 1889, deux attaques suivies d'une hémianopsie droite d'abord, puis d'une hémianopsie gauche. La cause des deux foyers de ramollissement qui successivement ont détruit des points symétriques des deux hémisphères, FÖRSTER l'attribua chaque fois à une thrombose des vaisseaux de l'écorce du lobe occipital, comme en témoignait l'absence de tout symptôme général grave : il n'y avait eu ni paralysie, ni perte de conscience ; le réflexe lumineux pupillaire était conservé, ce qui permettait de localiser la lésion dans l'écorce ou dans la substance blanche de la face interne du lobe occipital. En outre, comme il arrive dans les cas d'hémianopsie corticale, unilatérale ou bilatérale, la ligne de démarcation des deux champs visuels ne passait point par la ligne médiane : autour du point de fixation, correspondant à la vision centrale, un tout petit champ visuel persistait, de 3 à 5 degrés, pourvu d'une bonne acuité. Aussi ce malade pouvait-il lire et écrire en accommodant la vision à ce champ visuel minuscule ; il écrivait spontanément ou sous la dictée, en allemand et en français. Quoique altérée, la mémoire optique des choses vues, des images, des objets, subsistait ; le malade pouvait dessiner de souvenir une clef, une table, une chaise, etc. Il reconnaissait les objets après les avoir explorés, en quelque sorte, au moyen de sa vision centrale. Ainsi point de cécité psychique, pas d'aphasie optique non plus, ni alexie, ni agraphie.

Ces lésions en foyer des lobes occipitaux n'avaient-elles donc pas détruit les images qu'on localise dans cette région du cerveau ? Après WERNICKE, FÖRSTER laissait entendre, comme le dira la psychologie de l'avenir, que, par localisation des représentations mentales, il ne faut pas entendre un dépôt d'images qui seraient en quelque sorte conservées dans les cellules de l'écorce comme un testament dans une cassette. Peut-être, estimait-il, ces images ne sont-elles que le produit d'associations variées.

La *vision des couleurs* était abolie. C'est, suivant FÖRSTER, que la fonction du sens chromatique ne s'accommode pas d'un territoire cortical aussi restreint que l'était celui de ce malade : cette fonction est perdue alors que persiste encore celle de la perception des formes, des lettres

(1) FÖRSTER (Breslau). *Ueber Rindenblindheit.* A. v. GRAEFE's Archiv f. Ophthalmologie. Leipz., 1890, I, 94.

SACHS. *Das Gehirn des FÖRSTER'schen Rindenblinden.* Arbeiten aus der psychiatrischen Klinik in Breslau. Herausgegeben von CARL WERNICKE, II. Leipz., 1895, 53 sq.

par exemple. La plus grande lésion de déficit psychique observée chez ce malade fut la *perte de l'orientation*, du *sens de l'espace* ou *des lieux (Raumsinn, Ortssinn)*, de la *mémoire des localités (Ortsgedächtniss)*, comme on devrait dire, selon Förster. Il ne pouvait plus se représenter la situation respective des choses, non seulement dans l'espace en général, telle que la position géographique des différentes nations de l'Europe sur une carte, mais les allées du jardin de la maison, la disposition des meubles et des portes de sa propre chambre. Sachs, qui observa ce malade dans les derniers jours de sa vie, en 1893, témoigne qu'il était encore incapable de s'orienter dans sa chambre à coucher, qu'il habitait depuis longtemps, de trouver sa table à trois pas de son lit. Il distinguait pourtant la droite de la gauche et s'orientait sur son propre corps ; il pouvait s'habiller. De même pour les images anciennes de la mémoire visuelle, les représentations topographiques du bureau de l'administration des postes où il avait travaillé quatre ans. Or ces représentations n'avaient pas été acquises uniquement par la vue : les sensations tactiles, musculaires, tendineuses, articulaires, etc., étaient entrées nécessairement, comme éléments constituants, dans ces souvenirs. La perte de la mémoire des lieux est donc, comme celle d'ailleurs de toutes les mémoires, une lésion de déficit qui, pour être plus directement en rapport avec tel ou tel centre sensoriel, avec celui de la vision mentale dans l'espace, n'en affecte pas moins indirectement toutes les représentations partielles, de nature différente, anatomiquement distantes du point lésé, mais physiologiquement associées avec ce point, ici avec le lobe occipital, et dont la synergie consensuelle est la condition nécessaire de la reproduction de l'image.

Les *idées d'espace* dépendent donc de l'intégrité, chez le voyant, du lobe occipital. Il en est autrement, on le sait, dans les lésions destructives des parties périphériques, non centrales ni corticales, de l'organe de la vue (rétine, nerf optique, etc.). L'aveugle dont la cécité relève de cette dernière cause possède, d'une manière remarquable, la faculté de s'orienter dans des lieux qui lui sont devenus familiers ; il fait de longues courses en tâtant avec son bâton et dit connaître son chemin. Si, au cours d'une affection des yeux, remarque Förster, on applique un bandeau sur les deux yeux d'un malade, il ne s'écoule pas deux jours avant qu'il ne s'oriente parfaitement dans la chambre, qu'il ne sache trouver son lit, sa commode, sa table. C'est que chez ces malades les conditions anatomiques et physiologiques des représentations de ce genre persistent dans le cerveau. Il n'en était pas ainsi chez le malade de Förster, non plus que chez d'autres malades atteints de cécité par hémianopsie homonyme d'origine corticale.

Les cas purs de cécité congénitale sont très rares dans la science. Beaucoup de prétendus

aveugles-nés ont vu durant les premiers mois ou les premières années de la vie : ils ont perçu des impressions et associé des images visuelles. Il en est de même de l'existence du sens lumineux, à quelque degré que ce soit ; il suffit pour influer sur la production de l'*idée d'espace chez l'aveugle*. Le sens du toucher est en effet l'unique source de cette idée chez l'aveugle vrai, quoique le sens de l'ouïe puisse concourir à la production de cette notion. La main, la langue et même les pieds, grâce à la richesse de leur innervation et à la délicatesse de leur motilité, deviennent pour l'aveugle des sources d'information bien plus abondantes que chez le voyant. TH. HELLER a remarqué que, par l'acquisition de l'idée d'espace (*Raumvorstellung*), toutes les perceptions tactiles (*Tastwahrnehmungen*) des aveugles sont transformées en représentations ou images tactiles de la main (1). Or dans toute idée d'espace de cette origine, il existerait deux éléments : 1° celui du sens de l'espace proprement dit, de la perception des surfaces sensibles dans l'*ordre extensif* : 2° celui des sensations motrices résultant de la motilité de l'organe, motilité en vertu de laquelle les différents segments de la main s'adaptent aux conditions spatiales du monde extérieur et dissolvent la notion d'espace d'ordre extensif en des séries de sensations et d'images motrices. D'où deux sortes de tact chez l'aveugle : le *tact synthétique* et le *tact analytique*. Le sens de l'espace est moins parfait pour les parties latérales et les racines des segments de la main que pour les extrémités digitales. On a comparé ces différences de sensibilité de la main à la vision indirecte et directe de la rétine. On pourrait ainsi parler d'un *tact indirect* et *direct*. Le toucher (*Tasten*) ne sert pas seulement à la perception des corps dans les trois dimensions de l'espace. Outre la sensibilité tactile, les sensations externes ou cutanées, etc., les sensations internes des articulations, des tendons et des muscles relèvent du même sens et étendent indéfiniment chez l'aveugle la notion d'espace.

Un homme, dit JASTROWITZ, dont les deux lobes occipitaux sont détruits, reste pour toujours aveugle (MUNK). Mais il différera toujours essentiellement d'un aveugle par lésion de l'appareil périphérique de la vision, même de l'aveugle-né. Il lui sera en effet impossible de former de *nouvelles* représentations et d'acquérir de *nouvelles* notions en rapport avec le centre de la vision mentale : toutes les émotions, tous les mouvements, toutes les sensations et perceptions de l'ouïe, de l'odorat, etc., associés à l'activité de ce territoire cortical sont à jamais perdus. En outre, des dégénérescences secondaires interviendront certainement qui atteindront d'autres régions encore du cerveau que celle de la vision ; bref, « l'individu, en un certain sens, deviendra dément (1) ».

Quoique ces malades ne soient pas tout à fait aveugles, puisqu'ils possèdent encore un petit champ visuel, ils s'orientent beaucoup moins bien que les aveugles proprement dits, chez lesquels la cécité passe pour être absolue, ou que les animaux auxquels on bande étroitement les yeux. Il ne faut pas dire avec FÖRSTER qu'ils voient, avec ce champ visuel minimum, comme à travers un stéthoscope double. On doit admettre, et les

(1) E. LEYDEN u. M. JASTROWITZ. *Beiträge zur Lehre von der Localisation im Gehirn und über deren praktische Verwerthung*. Leipz. u. Berlin, 1888, 25.

observations cliniques le démontrent d'abondance, qu'il y a chez ces malades un affaiblissement ou un effacement complet des représentations des choses dans l'espace, bref, de leur vision interne ou mentale. Le chien nouveau-né, auquel Monakow avait enlevé les globes oculaires, et dont nous avons décrit la vie intellectuelle et morale, ainsi que les lésions constatées à l'autopsie, nous est un bel exemple, scientifiquement étudié, du genre de cécité que déterminent relativement à l'orientation dans l'espace les lésions périphériques de l'appareil de la vision. Dans le même ordre de phénomènes, il faut insister sur les résultats de l'étude magistrale que Munk a consacrée à la démonstration expérimentale de la perte des représentations idéales de l'espace chez les chiens et chez les singes rendus aveugles par l'ablation des lobes occipitaux.

Quand nous connaissons les lieux, notre chambre, le jardin, l'escalier, avec ses paliers, nous nous orientons sûrement, quoique avec quelque lenteur et quelque précaution, si la nuit est obscure ou qu'un bandeau ait été placé sur nos yeux. Toutefois nous allons en droiture à l'objet dont nous savons la place habituelle sur une table, dans une armoire. Les images de l'espace visuel et tactile, qui nous guident ainsi, sont plus ou moins anciennes, plus ou moins solidement associées ; elles suffisent, dans un espace où tout nous est devenu familier, à nous orienter. Mais, sur un terrain inconnu, ces images ne peuvent plus servir qu'à la connaissance très générale que nous emportons d'un escalier, d'une chambre, d'un jardin ; dans tel cas particulier, nous devons nous faire un nouvel atlas topographique des lieux ; nous ne progressons qu'à l'aide des sensations tactiles, articulaires et musculaires des mains et des pieds.

Il en est naturellement ainsi pour les animaux. Le chien, par la nuit la plus sombre, est avant son maître à la porte de la maison. Si on lui bande les yeux ou qu'on lui extirpe les globes oculaires, à peine sorti de la narcose chloroformique, on le voit, après une hésitation de courte durée et quelques tâtonnements, aller çà et là dans le laboratoire dont il possède, dans son cerveau, une carte topographique. Il saute hors de sa niche et va au-devant du maître qui l'appelle ; il gagne avec la même agilité l'endroit bien connu où l'on dépose sa nourriture. Au contraire, sur un terrain qu'il ne connaît pas, dans une autre chambre, tout en marchant avec prudence, il se heurte et peut tomber, par exemple s'il se présente devant lui un escalier. Pourtant, si on le préserve de cette chute en lui faisant tâter successivement les marches, en descendant et en remontant, l'animal ne tombe pas ; il va de degré en degré, n'avançant jamais une extrémité antérieure avant que celles de derrière ne reposent sur la même marche. Quelques semaines plus tard, ce chien aveugle court et saute comme devant sans se heurter dans les lieux qui lui sont devenus familiers.

A peine subsiste-t-il quelques signes d'hésitation et de maladresse en présence d'obstacles qu'il n'a pu prévoir (1).

Le tableau clinique s'assombrit, il change même du tout au tout, chez le chien ou le singe dont les deux lobes occipitaux ont été enlevés ; car, si on laisse subsister les sphères visuelles d'*un* hémisphère, les lieux restent familiers à l'animal, puisqu'il les voit encore sur le même atlas topographique dont il portait dans son cerveau deux exemplaires, et que, par les moitiés des rétines de ses deux yeux demeurés en rapport anatomique et fonctionnel avec l'hémisphère restant, il continue de recevoir les impressions venues du monde extérieur. Mais, si l'ablation a été bilatérale, le chien demeure au moins trois jours, couché ou assis, sans bouger de l'endroit où il est, et, quelles que soient sa faim ou sa soif, sans boire ni manger. Il remarque tout ce qui se passe autour de lui, comme l'indiquent les mouvements de ses oreilles. A l'appel connu, il tourne la tête, remue la queue, mais ne bouge toujours point. Il faut lui mettre de la viande sous le museau pour le décider à faire quelques pas. Le tronc bas, la tête allongée, la queue appuyée sur le sol, il remue avec une extrême lenteur une jambe l'une après l'autre, puis s'arrête, s'assied ou se couche de nouveau. Rien de plus dans les premiers jours ; plus tard, la route s'allonge un peu, surtout si au sortir d'un jeûne on jette devant lui, sur le sol, des morceaux de viande. Vers le commencement de la deuxième semaine, il fait de lui-même quelques pas, quête en flairant ; à la fin de la troisième semaine, il fait d'assez longues traites dans la chambre sans but apparent. Puis la marche perd sa grande lenteur des premiers jours, l'échine se redresse, les mouvements hésitants des extrémités antérieures, à chaque pas, ont diminué ; le chien, repassant par les mêmes chemins, ne se heurte plus aux murailles, aux armoires, aux tables. Trois ou quatre mois après l'opération, ce chien aveugle s'oriente décidément presque aussi bien, quoique toujours avec prudence, qu'un chien voyant, dans les lieux qu'il a désormais appris à connaître. Le porte-t-on dans un espace inconnu de lui, il présente, à l'état atténué, les mêmes phénomènes qui viennent d'être décrits. Les progrès de l'adaptation au nouveau milieu sont en effet plus rapides. Les difficultés du terrain, nouveau pour lui, l'exposent moins aux chutes et autres accidents, car il est devenu plus prudent, reconnaît le sol avec sa queue, retire avec précaution le pied avancé, s'arrête ou retourne en arrière ; s'il sent le vide, il s'assied ou se couche et rien ne peut le faire avancer. De même, il demeure des heures

(1) Hermann Munk. *Sehsphäre und Raumvorstellungen*, 1891. Sonder-Abdruck aus « *Internat. Beiträge zur wissenschaftlichen Medicin* », P. I.

sur la table, sur la chaise où on l'a placé, sans courir les risques d'un saut périlleux ; il va, vient jusqu'au bord, penche la tête en bas sans perdre l'équilibre, témoigne par ses cris et ses mouvements qu'il voudrait bien descendre : il ne descend pas. De plus, et c'est un point d'observation sur lequel MUNK a insisté, quand même ce chien ou ce singe survivraient un an et plus, on ne les voit plus jamais courir ni sauter.

Voilà ce qu'a observé MUNK, avec un admirable talent de psychologue, chez les chiens et chez les singes frappés de cécité corticale, au moyen d'une opération qui réalise, en l'exagérant sans doute, un état d'esprit qu'avaient produit des lésions destructives du ramollissement dans le cerveau du malade de FÖRSTER. En dépit de l'étendue et de la gravité du traumatisme expérimental subi par ces animaux, l'état de la mémoire des lieux ne différait pas autant qu'on aurait pu le croire chez le chien ou le singe et chez l'homme. Chez l'homme, en effet, la lésion de l'hémianopsie bilatérale ou double est d'ordinaire infiniment moins grave, puisque certaines fonctions de la vue, et des plus délicates, telles que la lecture et l'écriture, peuvent persister et s'exercer encore, grâce à la conservation d'un champ minuscule de la vision centrale. Dans ce genre de cécité, causée par une destruction bilatérale des territoires calcariniens, le reste des lobes occipitaux subsiste, avec leurs connexions cérébrales, et l'aveugle peut encore évoquer certaines catégories d'images visuelles ou de signes des choses, avec la forme, le relief, la couleur. L'ablation bilatérale des lobes occipitaux ne permet au contraire aucune survie de la vision mentale chez l'animal. Il n'a pas seulement perdu la mémoire visuelle des lieux : il ne peut plus évoquer la vision subjective des formes et des couleurs des objets du monde extérieur qu'il connaissait le mieux ; pour lui, il n'y aura plus d'espace visuel, mais un espace tactile et musculaire, suppléant peu à peu la première de ces notions à jamais perdue.

Chez l'homme comme chez l'animal ce ne sont pas, d'ailleurs, des images visuelles comme telles, sortes de copies ou de photographies des objets et des lieux, qu'efface la lésion destructive du lobe occipital : ce sont les conditions de la reproduction de l'élément visuel qui entrait dans la constitution de ces représentations. Les autres sens, avec leur cortège d'images mentales, où manque désormais l'élément visuel (perceptions lumineuses et chromatiques, acuité, formes des objets isolées ou en séries, etc.), les émotions, les passions, avec leurs réactions appropriées, bref, les fonctions intellectuelles et affectives peuvent encore paraître normales si la lésion de déficit est strictement limitée au lobe occipital. Quand les ablations cérébrales portent sur un hémisphère entier ou sur les deux, comme dans les expériences de FLOURENS et de GOLTZ, ce n'est plus l'anesthésie d'un sens avec ou sans la perte des représentations de

ce sens qui en résulte : c'est la démence, l'extinction de toute vie de représentation, parce que les foyers de la sensibilité générale et spéciale ont été éteints.

J'estime d'ailleurs qu'après l'ablation ou la destruction d'un centre sensoriel ou sensitif de l'écorce cérébrale, les fonctions du reste de l'organe amputé ne sauraient être considérées comme normales, car il n'est point dans l'écorce de centres fonctionnels isolés, absolument autonomes et se suffisant à eux-mêmes. Les troubles fonctionnels de l'hystérie diffèrent beaucoup, par exemple, de ceux qui résultent des dégénérescences ou des atrophies secondaires qu'entraîne la perte d'un organe ou d'une portion d'organe de l'écorce cérébrale. Qu'un traumatisme expérimental, un foyer d'hémorrhagie ou de ramollissement, détruise, comme dans le cas du malade de Förster, des territoires étendus de l'écorce, alors même que les processus nécrobiotiques des fibres et des cellules nerveuses paraîtraient limités à ces territoires, les régions du cerveau que des connexions sous-corticales et trans-corticales associaient fonctionnellement à ces territoires disparus ne demeurent pas intactes. Ceux mêmes des neurones de ces centres qui, après avoir subi des altérations plus ou moins profondes, altérations de voisinage, ainsi qu'on les appelle quelquefois et qu'on oppose aux lésions de déficit, paraissent se relever et recommencer à vivre, n'en demeureront pas moins « invalides » : s'ils suffisent encore à d'humbles besognes, ils ne suffisent plus aux fonctions normales de leurs centres respectifs.

Quand on parle de lésions fonctionnelles en ce sens, on ne doit pas douter de l'existence d'altérations anatomiques. La cellule nerveuse qui a subi à distance, par le fait de troubles de nutrition, le contre-coup des lésions destructives d'autres régions de l'écorce, peut bien paraître guérir : elle a, elle aussi, une lésion de déficit que les réactifs de la sensibilité et de l'intelligence, employés par les cliniciens et les physiologistes, peuvent rendre souvent manifeste.

Dans la *cécité psychique* comme dans la *perte de la mémoire des lieux* et de l'*orientation dans l'espace,* qui n'est aussi, naturellement, qu'une cécité psychique, la cause du processus est pour nous tout entière dans la diminution du nombre des voies d'association ou dans la rupture complète de ces voies, lesquelles assuraient la continuité des processus mentaux par le réveil successif ou simultané de l'activité des neurones associés. De même que l'effacement ou la perte des éléments visuels de nos représentations ne laisse pas de retentir sur les autres éléments constituants de nos images mentales, la perte ou l'effacement des éléments tactiles, auditifs, olfactifs ou gustatifs de ces images exerce un effet tout semblable sur la nature de nos représentations de l'*espace* ou des *formes.*

Les perceptions lumineuses et chromatiques elles-mêmes perdront de leur intensité si la nutrition des cellules nerveuses d'un ou de plusieurs centres fonctionnels de l'écorce, nécessairement en rapport avec le lobe occipital, a faibli ou subi les effets de dégénérations soit wallériennes, soit rétrogrades. Ajoutez que, pour une même fonction psychique, l'importance relative des éléments constituants de l'image change et se modifie quelquefois profondément au cours de l'existence d'un même individu. Notre vieil atlas tactile de l'espace est peu à peu envahi et recouvert par les signes de l'espace visuel; il en résulte que, quand nous perdons la mémoire visuelle des lieux, ce qui subsiste des éléments tactiles, articulaires et musculaires de nos représentations de ce genre a subi trop profondément les effets de l'atrophie d'inactivité pour nous être d'un grand secours dans les premiers temps qui suivent la cécité. Les nouvelles adaptations du toucher et du sens musculaire qu'il nous faut réaliser pour nous orienter sont, à l'âge adulte, lentes et laborieuses. Il n'en est pas de même de l'animal nouveau-né dont les globes oculaires ont été extirpés : comme les éléments de ses *idées d'espace* sont et demeurent de nature *tactile* et *musculaire,* quoique nécessairement associés aux résidus des *sensations* provenant des *canaux semi-circulaires,* de celles de l'*audition,* de l'*olfaction* et du *goût,* les signes de l'atlas topographique de ces aveugles-nés, pour ainsi dire, conservent une netteté et une sûreté que ne connaissent jamais les animaux qui, après s'être longtemps orientés avec la vue, sont privés du secours des images mentales de ce sens par une cécité d'origine centrale.

Le malade de Förster mourut subitement. Six heures après, Sachs enleva le cerveau et le mit durcir dans le liquide de Müller. Voici la nature des lésions qui avaient déterminé les symptômes observés pendant la vie de cet homme, devenu aveugle après deux attaques successives, suivies chaque fois d'une hémianopsie bilatérale homonyme, c'est-à-dire d'une cécité partielle des moitiés rétiniennes en rapport avec chaque lobe occipital, ces deux cécités partielles ayant déterminé une cécité complète, quoique un champ visuel de quelques degrés eût été conservé autour du point de fixation, comme on l'observe dans les cas d'hémianopsie unilatérale ou bilatérale d'origine corticale, ou sous-corticale, en entendant par cette dernière expression que la destruction des faisceaux sous-jacents au point de l'écorce où ils se terminent équivaut à celle de cette région de l'écorce.

Sur la table d'autopsie, ce cerveau ne laissa pas, à première vue, de causer quelque surprise. Les foyers de ramollissement considérables qui, sur les deux hémisphères, occupaient des points symétriques des circonvolutions, ne paraissaient pas être en rapport avec les régions du territoire cortical de la vision : le *cuneus*, le *calcar avis* et le *gyrus lingualis* semblaient à peine détruits sur quelques points. L'examen par coupes sériées dissipa cette illusion. Sous l'écorce de ces parties, conservées en apparence, des foyers de ramollissement avaient détruit une partie considérable des faisceaux de fibres nerveuses, soit directement, soit par l'effet des dégénérations secondaires. Les lésions destructives de l'écorce, aussi bien à la surface que dans la profondeur du lobe temporo-occipital, intéres-

saient entre autres, sur les deux hémisphères, le *cuneus*, le fond de la *scissure calcarine*, avec la portion inférieure des lèvres de cette scissure appartenant au coin et au lobe lingual, le *lobe lingual*, le *lobe fusiforme*, la *corne* d'Ammon, détruite tout entière à l'exception d'une partie de son *subiculum* : l'*avant-coin* et le *lobe frontal* présentaient aussi de petits foyers de ramollissement. Outre les fibres d'association courtes des circonvolutions et de la substance grise du fond des scissures, les lésions de la substance blanche avaient détruit, sans en laisser une fibre, le *faisceau transverse du coin* et le *faisceau longitudinal inférieur (stratum sag. externum)* jusque fort avant dans le lobe temporal (1).

Pour expliquer, dans l'hémianopsie de cause corticale, la persistance, du côté aveugle, de la *vision centrale*, la conservation d'un petit champ visuel de 2 à 4 degrés autour du point de fixation, il existe présentement trois théories :

1° Chaque *macula lutea* rétinienne est en rapport avec les deux hémisphères au moyen de faisceaux maculaires croisés et directs ;

2° Le territoire cortical correspondant à la *macula lutea* se trouve dans des conditions très favorables de vascularisation, grâce à la richesse des anastomoses du réseau artériel en ce point, de sorte qu'il est plus particulièrement à l'abri des ramollissements. — Cette théorie, que Förster a proposée, précisément à l'occasion de ce cas, explique bien et la préservation du territoire environnant le point de la vision centrale ou maculaire dans les

---

(1) Sachs a suivi les dégénérations secondaires descendantes, plus accusées à gauche qu'à droite, dans la capsule interne, le *pulvinar*, le corps genouillé externe, le tractus optique, le chiasma. Ces données anatomiques expliquent les faits cliniques. Les deux hémianopsies successives ont été produites par les deux foyers de ramollissement qui, sur chaque lobe occipital, ont détruit la région corticale du territoire en rapport avec la terminaison des nerfs optiques, le *cuneus*, le *calcar avis*, le *gyrus lingualis*. Le foyer gauche, qui avait déterminé l'hémianopsie droite, datait de 1884 ; le foyer droit, cause de l'hémianopsie gauche, de 1889. Dans cette seconde attaque, un point du champ visuel cortical fut épargné, une petite strie, un îlot minuscule de substance grise du *calcar avis*, situé sur la partie la plus reculée du fond de la scissure calcarine droite, la partie correspondante de l'hémisphère gauche ayant été ramollie. Henschen avait déjà, dans deux cas, attribué aussi la conservation de la vue à l'unique préservation d'un petit territoire de l'*écorce de la scissure calcarine*, mais dans la région antérieure de cette scissure, la postérieure étant détruite. Henschen en avait conclu que le point de l'écorce du lobe occipital où la *macula lutea* de la rétine est représentée, se trouve dans la partie antérieure de l'écorce de la scissure calcarine, tandis que l'écorce de la partie postérieure de cette scissure correspond aux parties périphériques de la rétine.

Or, dans le cas du malade de Förster, c'est l'inverse qui se présente, au témoignage de Sachs. Le seul îlot de substance grise encore susceptible de fonction, situé à l'extrémité postérieure de cette scissure, n'était pas en rapport avec le champ périphérique de la rétine, mais avec le territoire maculaire de cette membrane. Seulement et en dépit de cette divergence de localisation, sans doute plus apparente que réelle, un fait subsiste, d'une très grande portée : c'est que toutes les fois qu'une portion du champ visuel central a été conservée, ce territoire correspondait toujours à la *macula lutea*, au point de fixation de la *fovea centralis*. Dans ce cerveau, le petit îlot de l'écorce de la scissure calcarine était sans doute demeuré en rapport avec les fibres du corps calleux et de la couronne rayonnante du lobe occipital, et c'est ce qui explique qu'après la deuxième attaque ce malade avait pu continuer de voir : le petit champ visuel conservé appartenait donc bien à cette partie de l'écorce du territoire calcarinien.

lésions en foyer bilatérales et n'est pas inconciliable avec la première théorie. Förster a même tiré de cette hypothèse les éléments d'un diagnostic différentiel sur le siège de la lésion qui cause l'hémianopsie : lorsque, dans l'hémianopsie, la ligne de séparation des deux champs visuels passe directement par le point de fixation, le siège du foyer ne doit pas être dans l'écorce du lobe occipital ; il faut le chercher dans les voies et les centres optiques sous-corticaux. L'absence ou la conservation du réflexe lumineux pupillaire dans les moitiés hémiopiques des rétines confirmera le diagnostic.

3° Outre que la rétine est représentée en général dans le territoire cortical de la vision cérébrale, de certaines parties des ganglions sous-corticaux en rapport avec les faisceaux maculaires rayonnent des fibres dans toute l'écorce de ce territoire : la conservation même d'un pli minuscule de cette écorce suffira donc pour que les excitations de la *macula lutea* soient encore perçues. Cette hypothèse de von Monakow contient, selon Sachs, une part incontestable de vérité. En effet, sans parler de l'interruption de la voie optique dans les relais nucléaires sous-corticaux, il serait étrange que le principe de l'irradiation, anatomiquement fondé sur la découverte des collatérales des fibres nerveuses, ne fût pas admis pour les centres optiques comme il l'est pour le reste du névraxe. Avec l'intensité croissante des excitations, celles-ci rayonnent toujours plus loin et affectent de vastes territoires du système nerveux central.

L'hypothèse ici la plus vraisemblable, c'est que l'îlot de substance grise du *calcar avis* préservé, sur l'hémisphère droit, du ramollissement, a réalisé les conditions de la sensation lumineuse au point de fixation des deux yeux. Ce point avait échappé à la destruction du lobe occipital droit, due à la thrombose progressive des vaisseaux. Si l'on s'en tient à l'hypothèse de Munk, à l'hypothèse de la projection, en vertu de laquelle la rétine se projetterait sur la sphère visuelle, si bien qu'à un point de la rétine correspondrait un point du territoire de la vision cérébrale, on sera logiquement amené à conclure que, chez l'homme, cet îlot de substance grise du *calcar avis* correspond exactement au point de la vision distincte de la rétine. C'est là une possibilité qu'il ne faut pas écarter *a priori*, selon Sachs. Mais un cas unique ne prouve guère, et nous avons rappelé, comme l'a fait aussi Sachs dans un appendice, que le point de la vision maculaire corticale a été localisé par Henschen dans une autre région de l'écorce de la scissure calcarine. Puis, la projection de la rétine sur la sphère visuelle est-elle une hypothèse nécessaire, et que postule invinciblement la théorie des localisations cérébrales ?

« J'ai montré ailleurs, écrit Sachs, que, dans la vision (tout de même que dans le tact), il y a deux choses tout à fait différentes à considérer : 1° la perception de la lumière d'intensité déterminée, et souvent aussi de qualité déterminée, c'est-à-dire les couleurs ; 2° la perception de la forme de l'objet vu. La perception de la forme n'est pas le fait immédiat de la simple vision : elle est le produit d'un travail psychique complexe. La représentation de la forme est une représentation motrice, une représentation tactile de l'œil. Pour qu'elle existe, les sensations d'innervation des muscles de l'œil sont nécessaires. Les représentations

de la forme (ou mieux leur corrélatif physiologique) n'ont donc pas leur siège dans le territoire des perceptions lumineuses, dans le territoire sensoriel de la vue, mais dans cette région de l'écorce où existent les sensations d'innervation des muscles de l'œil, dans le territoire optico-moteur de l'écorce. A cette région doit donc être liée l'acuité visuelle. J'ai exprimé l'opinion que le territoire optico-sensoriel est constitué par le territoire cortical, à structure anatomique spéciale, de la scissure calcarine et de son entourage, tandis que le territoire optico-moteur, le champ des images visuelles de la forme, occupe le reste du lobe occipital, en particulier l'écorce de la convexité, et s'étend en avant sur le lobule pariétal inférieur. »

L'hypothèse que soutient Sachs dans ces lignes est de celles qui n'ont pas atteint ce degré de maturité où la discussion est possible et peut être fructueuse. Comme il l'a reconnu lui-même, dans l'insuffisance actuelle des observations, mieux vaut s'abstenir de déductions théoriques; les autopsies futures nous apprendront peut-être ce que nous ignorons; il suffit d'indiquer les interprétations possibles des phénomènes. Je répugne pourtant, jusqu'à ce que le fait ait été démontré, à cette dissociation anatomique et physiologique des éléments moteurs et sensoriels des images acquises par le sens de la vue. La dissociation des éléments moteurs et sensitifs des images de la sensibilité tactile, articulaire et musculaire, telle que l'ont professée Ferrier et Charcot, n'a pas été confirmée par les faits d'observation clinique et expérimentale. La réaction motrice, l'adaptation des mouvements et l'ajustement musculaire de tout organe qui fonctionne semblent bien plus favorables à l'hypothèse des centres mixtes de l'écorce qu'à celle des centres fonctionnellement distincts. L'histologie des différents territoires de projection de l'écorce, quoique nullement homogène, ne s'accorde pas moins que la physiologie et la clinique avec l'idée de l'unité fonctionnelle de ces différents centres des fonctions du cerveau.

Les temps sont déjà loin où de grands cliniciens, tels que Nothnagel et Charcot, pouvaient n'être point frappés de la rencontre fréquente des troubles de la sensibilité générale et de la motilité volontaire dans les affections résultant de lésions des centres corticaux qu'on appelait alors moteurs. Nous savons aujourd'hui qu'il n'y a pas plus de centres moteurs que de cellules motrices dans l'écorce cérébrale, non plus d'ailleurs que dans le reste du névraxe, et que *la seule et unique propriété de la cellule nerveuse, c'est la sensibilité, cas spécial de l'irritabilité.*

En dépit des apparences, et surtout des mots, les phénomènes de la sensibilité et du mouvement doivent être ramenés à des processus au fond identiques.

Les réactions motrices de l'organisme sont le fait, non des cellules nerveuses pyramidales et radiculaires et des prolongements de ces

cellules, mais des appareils périphériques de contractilité avec lesquels toutes les régions de l'écorce et de la moelle sont, par ces prolongements, en rapport anatomique et fonctionnel. Je ne suis donc point disposé à admettre la théorie d'un couple anatomique et physiologique de centres moteurs et de centres sensoriels. Les lésions des lobes occipitaux déterminent, comme celles des autres régions de l'écorce du cerveau, des troubles moteurs. A l'origine, sans doute, les centres de la vision, de l'audition, etc., de l'écorce cérébrale furent considérés comme purement sensoriels. Mais MUNK lui-même a démontré, par de nouvelles expériences, la nature à la fois *sensorielle* et *motrice* du *lobe occipital*. Ces expériences ont trait aux excitations du lobe occipital, non à celles du lobe pariétal, et les mouvements provoqués sont exclusivement en rapport avec l'innervation des muscles de l'œil. BAGINSKY, en excitant, non « la région de l'oreille » de MUNK, mais la sphère sensorielle de l'audition elle-même, a également déterminé des mouvements du pavillon de l'oreille, ce que MUNK n'avait pas plus observé dans le principe que les mouvements des yeux, dans l'excitation expérimentale des lobes occipitaux. Enfin, au point de vue anatomique et clinique, KNIES, nous le répétons, considère le lobe occipital, non seulement comme le centre sensoriel des perceptions de la vue, mais comme le centre des mouvements volontaires et conscients des yeux, si bien que les mouvements de *convergence* et d'*accommodation* de ces organes n'ont point d'autre centre d'innervation, d'origine corticale, que l'écorce de la sphère sensorielle de l'œil.

Le malade de FÖRSTER présentait de la *cécité pour les couleurs*. L'îlot de substance grise du *calcar avis* épargné à droite par le ramollissement, suffisant pour les perceptions lumineuses, ne suffirait donc pas pour celles des couleurs. Ce dernier genre de perceptions, sans doute plus différenciées, et où la division du travail physiologique paraît poussée plus loin, exigerait soit un travail fonctionnel des cellules de la « rétine corticale » que les troubles de circulation et de nutrition ne permettaient guère dans ce cas pathologique, soit une portion plus étendue du territoire de la vision centrale. Peut-être le rétrécissement du champ visuel des couleurs dans l'hystérie ne doit-il pas être invoqué ici, car il s'agit d'une dyschromatopsie ou d'une achromatopsie d'origine corticale. Il est vrai qu'une lésion fonctionnelle, un spasme vasculaire des mêmes régions corticales, etc., pourrait aussi bien rendre compte des troubles de la vision des couleurs dans l'hystérie que la théorie invoquée plus haut sur la nature de l'anesthésie sensitive et sensorielle dans cette névrose.

Le centre des perceptions lumineuses coïncide-t-il dans l'écorce avec

celui des couleurs? Faut-il admettre, avec la plupart des auteurs, avec Samelsohn, Landolt, Wilbrand, un centre spécial ou une couche de cellules spéciales? Pour expliquer, du point de vue symptomatique, la dissociation de l'hémianopsie des *couleurs*, de la *lumière* et des *formes*, Wilbrand a supposé qu'il existe, dans l'écorce du lobe occipital, sous forme de trois couches de cellules stratifiées : 1° un *centre des couleurs*, situé dans la partie la plus superficielle du lobe occipital ; 2° un *centre de l'acuité visuelle*, en rapport avec la vision des formes et le sens de l'espace, localisé au-dessous du centre des couleurs ; 3° un *centre du sens de la lumière*, le plus rapproché des radiations optiques. La destruction de ce dernier centre entraîne celle des deux autres centres séparément localisés dans l'écorce, car les faisceaux de projections se trouvent ainsi interrompus. Mais l'hémiachromatopsie peut exister sans hémianesthésie du sens de la lumière. Enfin, des rapports plus étroits entre la vision des formes et celle des couleurs feraient que les troubles de l'acuité visuelle seraient toujours proportionnels à la perte du sens des couleurs.

Il nous paraît inutile de discuter cette hypothèse de Wilbrand, contre laquelle O. Bull et Otto Dahms ont fait naguère valoir des arguments, dans l'ignorance où nous sommes du substratum anatomique des sensations de lumière, de couleurs et de forme. Nul doute que l'hémidyschromatopsie et l'hémiachromatopsie de cause corticale existent et que l'hémianopsie typique puisse être précédée de la perte de quelques couleurs ou de toutes dans les moitiés affectées du champ visuel. Avec Henschen, on peut incliner à croire que les centres des couleurs et de la lumière coïncident. Vialet témoigne aussi que l'hypothèse de Wilbrand n'est pas conciliable avec les faits anatomiques. Voici les paroles de Vialet : « Nous ne pensons pas, dit-il, qu'il y ait des centres distincts pour la perception des différentes sensations lumineuses, pas plus qu'il n'y a de conducteurs spéciaux pour le bleu, le rouge, le vert. Les troubles dans la perception des couleurs résultent de lésions d'intensité différente. » Il ressort des expériences de Holden qu'un léger trouble dans la conductibilité des fibres du tractus visuel empêche de reconnaître le *vert* et le *rouge* et de discerner une faible différence dans l'intensité de la lumière. Un trouble plus grand dans la conductibilité rend incapable de distinguer le *bleu* ou de discerner des différences plus grandes d'intensité lumineuse. Un trouble encore plus grave dans la conductibilité détruit la distinction du *blanc* et du *noir* et abolit toute perception de lumière.

La faculté de distinguer les différentes couleurs varie donc avec celle de percevoir les divers degrés d'intensité lumineuse. S'il en est ainsi,

l'hypothèse de l'existence d'un *centre cortical spécial des couleurs* n'est pas seulement inutile : c'est une erreur (1).

Ce qu'il est permis de dire, c'est que, dans l'*hémianopsie bilatérale homonyme,* la cécité peut porter sur le *sens des couleurs.* Dans les moitiés affectées du champ visuel, la perte de la perception de quelques couleurs, ou de toutes, peut précéder l'hémianopsie. De même dans la migraine ophthalmique : la perte de la sensibilité chromatique se montre quelquefois avant celle des sens de la lumière et de l'espace. D'après Henschen, il est vrai, les impressions lumineuses et chromatiques seraient perçues en un même point, et non séparément, de l'écorce cérébrale de la scissure calcarine, qu'il existe ou non des cellules ou des groupes de cellules nerveuses destinées à ces perceptions. Förster a trouvé le sens chromatique aboli, alors que persistait la perception des formes, dans le cas d'hémianopsie corticale bilatérale que nous étudions : autour du point de fixation correspondant à la vision centrale, un champ visuel minuscule de quelques degrés subsistait pourvu d'une bonne acuité. Si, chez ce malade qui pouvait lire et écrire, la vision des couleurs était abolie, c'est que, suivant Förster, la fonction du sens chromatique ne s'accommode pas d'un territoire cortical aussi restreint. Dans les cas d'hémiachromatopsie qu'il rapporte, Swanzy a rappelé des cas semblables publiés par Bjerrum, Landolt, Samelsohn. Dans une observation de Samelsohn, observation d'hémianopsie, les sens de la lumière et de l'espace de la moitié affectée du champ visuel étaient conservés intacts, tandis que le sens chromatique faisait défaut. (Centralbl. f. d. med. Wissensch., 19 nov. 1881.) Ph. Steffan (Frankfurt a. M.) affirme en se fondant sur une observation que nous allons reproduire en partie à cause de son importance pour la physiologie cérébrale, qu'il existe dans le cerveau, dans le lobe occipital, à côté du sens de l'espace, un sens des couleurs, centres complètement distincts, quelque rapprochés qu'ils puissent être dans l'écorce. Sans remonter plus haut, Leber, dès 1869, inclinait à admettre un centre spécial du sens des couleurs dans le cerveau (Arch. f. Ophthalm., xv, 2, p. 26); cependant, en 1877 encore, il ne considérait pas les observations comme

(1) Les plus récentes hypothèses relatives à la *perception des couleurs* de König, etc., n'ont pu être confirmées par les expériences de W. Koster. Le phénomène de Purkinje, concernant la sensibilité relative de l'œil au bleu et au rouge, dans son rapport avec les variations de l'intensité de l'éclairage, s'observerait aussi bien dans la région de la fossette centrale, dépourvue de bâtonnets, que dans les parties excentriques de la rétine : ce phénomène ne serait donc pas lié à l'existence des bâtonnets et du pourpre visuel. W. Koster, *Untersuchungen zur Lehre vom Farbensinn.* A. v. Graefe's Arch., XLI, 1-20. — Cf. *Kritik des Aufsatzes v.* A. Schapringer : *Findet die Perception der verschied. Farben nicht in einer u. ders. Lage d. Netzhaut statt?* Ibid., XLIV, 250-7.

suffisamment probantes : l'existence d'une cécité chromatique cérébrale acquise sans trouble de l'acuité visuelle ne lui paraissait pas prouvée. STILLING admettait que des cas en pouvaient exister; il n'en connaissait pas plus que LEBER. Le cas de STEFFAN serait, au contraire, si idéalement pur, que « personne, dit-il, ne peut plus douter de la réalité d'une cécité chromatique (*Farbenblindheit*) d'origine pathologique sans amblyopie d'aucune sorte, et que, par conséquent, il doit exister, dans le cerveau, un centre spécial du sens des couleurs (1). » S'il existe, en effet, ajoute-t-il, une cécité des couleurs sans amblyopie, les centres du sens des couleurs doivent être distincts des centres du sens de l'espace (*Raumsinn*); une lésion des premiers peut évoluer sans altérer les fonctions des seconds. La lésion d'un seul centre du sens des couleurs devra déterminer ainsi une « hémicécité chromatique homonyme » du côté opposé à la lésion en foyer du lobe occipital ; une lésion bilatérale des deux centres, une « cécité chromatique des deux yeux », toujours sans affection concomitante de l'acuité visuelle. C'est ce que démontrerait l'observation clinique suivante.

P. RAUSCHER, 62 ans, de Sachsenhausen sur le Mein, fut pris, en se promenant par la ville, le 28 septembre 1875, d'un vertige subit et sa vue s'obscurcit ; la vision était restée plus claire dans la partie inférieure que dans la partie supérieure du champ visuel. Il ne perdit pas connaissance ; il n'y eut pas de symptômes de paralysies. Le malade se fit reconduire chez lui. Le médecin reconnut une apoplexie cérébrale ; il le soigna en conséquence. Mais, quoique remis, le malade remarquait un changement dans sa vue ; il alla consulter STEFFAN neuf jours après son accident. STEFFAN s'attendait à trouver une amblyopie ou une hémianopsie homonyme ; il n'en était rien. L'acuité visuelle était 15/20, le champ visuel tout à fait libre, l'examen ophthalmoscopique normal. Rien de pathologique à constater, par conséquent, dans les fonctions de la vue. Le malade se plaignait pourtant du changement survenu dans sa vue. STEFFAN supposa que la vision avait peut-être été autrefois supérieure à 15/20, et que, quoique normale pour cet âge, elle pouvait sembler diminuée. Il n'avait d'ailleurs point pensé à une cécité des couleurs chez le malade. Mais celui-ci, en étudiant chaque jour la nature de l'altération de sa vision, constata qu'elle consistait nettement dans l'impossibilité de reconnaître les couleurs. Or, il n'avait jamais été achromatope, et, ayant travaillé toute sa vie dans la chromolithographie, il n'avait jamais confondu les couleurs, dont il distinguait les nuances les plus délicates. Ainsi, par suite d'une *apoplexia cerebri*, cet homme avait été subitement frappé de cécité des couleurs, sans la moindre diminution de son acuité visuelle. Les premiers examens du sens chromatique du malade (1875) eurent lieu au moyen des papiers colorés dits d'Heidelberg : il ne put indiquer le nom de la couleur d'aucun de ces papiers ; il ne distingua que les différents degrés d'intensité lumineuse des couleurs : les papiers rouges et violets, par

---

(1) *Beitrag zur Pathologie des Farbensinnes*. ALBR. v. GRAEFE's Arch. f. Ophthalm., XXVII, 2 p. 1-24.

exemple, lui apparurent simplement comme les plus obscurs. Achromatopsie totale. En janvier 1876, il ne reconnaissait absolument pas le vert, mais il réagissait au rouge, au jaune et au bleu. De même dans les mois suivants. Cependant le malade continuait à se plaindre ainsi qu'au commencement de son affection. Quatre ans plus tard (1880), nouvel examen négatif à l'ophthalmoscope ; point de différence entre les deux yeux. Essais avec les méthodes de Holmgren, de Stilling, les tables de Dor, le spectre d'une lampe à pétrole (il reconnut le rouge, le jaune, non le vert, mais l'intensité lumineuse du bleu et du violet était pour lui trop faible pour qu'il pût nommer ces couleurs). Ainsi, cécité pour le vert associée à une diminution simultanée, du plus haut degré, de la sensation quantitative d'autres couleurs, état bien caractéristique d'achromatopsie pathologique : l'achromatopsie congénitale ne présente de déficit que dans le domaine d'une (Young-Helmholtz) ou de deux couleurs (Hering) et laisse tout à fait intacte la netteté, la teinte propre des autres sensations chromatiques. La *sensibilité lumineuse* de ce malade, mesurée avec le photomètre de Förster, était normale.

Si une lésion en foyer, telle que celle de l'apoplexie cérébrale, peut ainsi abolir à la fois la fonction des centres du sens chromatique que postule Steffan, il suit, d'après lui, qu'ils doivent être situés, dans les lobes occipitaux, tout près de la ligne médiane, distincts, d'ailleurs, mais à proximité des centres visuels de l'espace. Comme ceux-ci, chaque centre cortical du sens des couleurs (*Farbensinncentrum*) percevrait des sensations chromatiques (*Farbenempfindungen*), d'où résulteraient les images de ce sens (*Farbenvorstellungen*). La pathologie aurait ainsi fourni un fondement assuré aux partisans de la *théorie cérébrale* de la cécité congénitale des couleurs (Dor, Landolt) et ruiné en partie la *théorie rétinienne* (Galezowsky). Mais les cas de cécité congénitale des couleurs, soit totale (O. Berker), soit partielle (von Hippel), unilatérale, semblent prouver que l'achromatopsie congénitale peut aussi être rapportée à des causes périphériques (chiasma des nerfs optiques, nerfs optiques, rétine). Sous ce titre : *Achromatopsie totale,* Landolt a publié le cas d'un jeune homme de 20 ans, dont les nerfs optiques étaient pâles et l'acuité visuelle réduite à un dixième. Il n'existait pour lui aucune couleur, mais des différences de clarté. L'échelle d'*intensité lumineuse,* établie avec les papiers colorés d'Heidelberg, était ici : vert clair, jaune clair, bleu, orangé, rouge foncé ; l'impression la plus lumineuse résultait des tons jaunes, verts et gris clairs, les plus rapprochés du blanc ; les tons rouges paraissaient les plus foncés, comme au malade de Steffan, les violets, bleus, bruns occupaient le milieu de la série. Chez deux autres achromatopes, deux frères basques, d'une famille dont plusieurs membres ont de mauvais yeux, présentant eux-mêmes des altérations du fond de l'œil et du nystagmus, la perception des couleurs se réduisait à celles des diverses nuances de gris : le rouge = noir ; l'orangé = gris foncé ; le jaune clair = gris, plus foncé que le vert ; le vert (clair et vif) = gris très clair ;

le bleu = gris, etc. Quoique la sensibilité pour le rouge fût très abaissée quantitativement chez tous ces achromatopes, le malade de STEFFAN, bien qu'absolument aveugle pour le vert, ne l'était pas pour le rouge, encore que sa sensibilité chromatique fût extrêmement affaiblie pour cette couleur. Or, il ne peut exister, dans la théorie d'EWALD HERING, de cécité distincte pour le vert et pour le rouge, mais seulement une cécité pour le vert-rouge. Une excitation de la substance visuelle (*Sehsubstanz*) du rouge-vert déterminerait toujours en même temps, on le sait, une excitation de la substance visuelle du blanc noir. Aussi n'avons-nous jamais une sensation absolument pure de rouge ou de vert, non plus d'ailleurs que de bleu ou de jaune, dans cette théorie. L'absence du jaune, c'est-à-dire de la couleur la plus intense du spectre, dans la théorie des couleurs fondamentales de YOUNG-HELMHOLTZ était fâcheuse : HERING a reconnu le jaune comme quatrième couleur fondamentale. Enfin, MAXWELL et EXNER ont, dans la première de ces deux théories, substitué le bleu au violet. Les partisans de la théorie de THOMAS YOUNG, tels que HOLMGREN, soutiennent, contre les tenants d'EWALD HERING, qu'une cécité du vert peut exister séparément de celle du rouge. Ainsi on ne saurait objecter à STEFFAN, comme chose démontrée, que là où manque la sensation du vert, celle du rouge ne saurait exister. STEFFAN admire fort les travaux de HERING dans le domaine de l'optique physiologique. Mais il rappelle qu'un autre physiologiste de grand renom, A. FICK, confesse n'avoir pu comprendre la théorie de HERING, car, pour lui, le noir, par exemple, implique l'absence de toute sensation lumineuse, tandis que HERING en a fait une sensation de qualité déterminée et d'intensité variable. Il avoue donc se rallier à la théorie de YOUNG-HELMHOLTZ, réformée par MAXWELL (1). Si d'aussi savants physiologistes s'accordent si peu quant aux théories sur la nature du sens des couleurs, l'ophthalmologiste aurait tort d'abandonner le terrain solide de l'observation clinique : il doit lui suffire d'observer et de décrire les phénomènes (2).

---

(1) Handb. d. Physiologie v. L. HERMANN, III, 1 Th., 205.

(2) Dans les cas typiques d'achromatopsie congénitale, totale, l'appareil chromatopsique, représentée par les *cônes*, paraît tout à fait manquer. Les bâtonnets représentent, au contraire, un appareil absolument étranger à la sensation chromatique (KRIES, etc.), mais spécifiquement propre aux sensations lumineuses achromatiques. KRIES, en étudiant, à un éclairage très faible, les phénomènes de la vision, en particulier celui de PURKINJE, croit pouvoir affirmer que, dans un œil bien *adapté* à l'obscurité, la fonction de la vision particulière aux bâtonnets, « la fonction des bâtonnets rétiniens » (*Function der Netzhautstäbchen*), se manifeste isolément.

Le pigment de l'épithélium pigmentaire de la rétine constitue une sorte d'organe protecteur contre la cécité en régularisant les processus photo-chimiques et la transformation du pourpre visuel, transformation surtout intense sous l'influence d'une lumière excessive et lorsque la régénération du pourpre

Le malade de FÖRSTER *reconnaissait* et *nommait,* malgré le rétrécissement extrême de son champ visuel et sa cécité des couleurs, tout ce qu'il voyait, les lettres comme les autres objets. Il faut donc admettre, puisqu'il ne lui restait qu'un fragment de substance nerveuse active dans l'hémisphère droit, que ce pli de l'écorce du *calcar avis* était en

---

visuel est plus lente que sa destruction. Une exposition de 15 minutes à la lumière détruit le pourpre visuel d'une grenouille ; la régénération n'est terminée qu'après 50 minutes de séjour dans l'obscurité, d'après PUGLIA. Cette destruction du pourpre rétinien par la lumière, c'est la « désassimilation » de HERING, sa régénération, l' « assimilation » (*Dissimilerung, Assimilirung*). L'état d' « adaptation » est caractérisé par un état d'équilibre entre la désassimilation et l'assimilation. L'œil est capable de s'adapter à des degrés supérieur et inférieur de stimulation lumineuse ; à chaque degré d'adaptation correspond une clarté dont l'intensité maintient en équilibre la destruction et la régénération du pourpre. L'adaptation à l'obscurité est un abaissement d'un degré supérieur d'adaptation à une clarté inférieure ; c'est naturellement le contraire pour l'adaptation à une lumière plus intense. L'adaptation à la lumière et à l'obscurité dépend donc essentiellement et de ce que le *pigment* constitue une protection nécessaire contre une destruction exagérée du pourpre rétinien, et de ce que la sécrétion de l'épithélium pigmentaire reste capable de réparer les pertes du pourpre visuel. Soit un œil pauvre de pigment, il y aura plus de pourpre visuel détruit, dans une unité de temps, sous l'influence de fortes excitations lumineuses, que dans un œil riche en pigments. Cette rupture d'équilibre entre l'assimilation et la désassimilation amène, avec les troubles d'adaptation, la fatigue de la vue. La photophobie des albinos dépend moins de l'indigence du pigment de l'iris que de celle du pigment de la rétine (SCHIRMER). Le pourpre visuel, produit de sécrétion glandulaire de l'épithélium pigmentaire de la rétine, environne, on le sait, les segments externes des bâtonnets, et, sous l'influence de l'éclairage, quand les éléments rétiniens se contractent et se raccourcissent, se détruit d'autant plus rapidement que les causes de destruction sont inversement proportionnelles à celles de régénération. L'héméralopie est un épuisement du pourpre visuel, a écrit PARINAUD. Tous les héméralopes, examinés par KRIENES, étaient photophobes (*).

Le symptôme appelé *héméralopie* n'est pas seulement l'effet d'une perte trop considérable de pourpre rétinien due à une désassimilation trop intense : il résulte de la lenteur de la régénération. L'héméralopie aiguë naît de la manière suivante : Sous l'influence d'une lumière intense, une grande quantité de pourpre rétinien se trouve transformée par voie photochimique, le déficit ainsi éprouvé n'est qu'en partie compensé par une assimilation défectueuse ; tout stimulus lumineux consécutif, fût-il faible, détermine de nouvelles pertes de pourpre : la désassimilation continue à l'emporter sur l'assimilation (*torpor retinae*, adaptation incomplète). Dès que le jour baisse, un degré de clarté arrive où ce qui reste de pourpre rétinien épuisé ne suffit plus pour déterminer l'excitation de l'appareil lumineux : *l'œil est aveugle pour ce degré de clarté.* « La production de l'héméralopie en général dépend, ainsi que sa gravité, du rapport existant entre le *degré* et la *durée* de la désassimilation et l'altération plus ou moins profonde de la fonction d'assimilation. » Les troubles généraux de la nutrition retentissent naturellement toujours plus ou moins sur l'état de la sécrétion de l'épithélium pigmentaire. Aussi a-t-on constaté souvent des cas d'héméralopie aigus en rapport avec des troubles de la nutrition ou de la circulation. Il peut aussi exister un vice congénital de développement du réseau vasculaire choroïdien, une atonie de la *muscularis* des vaisseaux, etc. Un œil ainsi prédisposé ne pourra produire la même quantité de pourpre rétinien qu'un œil sain : il sera aveugle à un degré de clarté où s'adaptera un œil sain et de nutrition normale. Ainsi l'héméralopie aiguë est réductible à ces trois causes : 1° trouble ou défaut d'équilibre (fatigue) entre l'assimilation et la désassimilation du pourpre visuel ; 2° trouble ou défaut d'équilibre par insuffisance d' « assimilation »; 3° trouble local de

(*) HANS KRIENES *Ueber Hemeralopie*. Wiesb., 1896.

rapport avec le lobe temporal gauche par la voie du *forceps-tapetum* (SACHS) (1).

Le malade de FÖRSTER était jusqu'à la fin demeuré incapable de s'orienter, et cela d'une façon absolue, même dans l'étroit espace où sa vie s'était confinée. Les *troubles de l'orientation* dataient de la dernière attaque (1889). Quand un clinicien observe un fait de ce genre et qu'il lui arrive d'entrevoir un rapport de cause à effet entre la lésion et le symptôme, il dote souvent la science des fonctions du cerveau d'une localisation nouvelle. Ce n'est ni SACHS ni aucun élève de WERNICKE qu'on prendra à commettre semblable paralogisme. Mais, à l'appui de mon dire, et précisément dans un cas d'hémianopsie double avec perte des notions d'orientation, je puis citer un médecin américain, DUNN (2). Comme dans les cas de FÖRSTER, de SCHWEIGGER, de GRŒNOUW, VORSTER, MAGNUS, SCHMIDT-RIMPLER, etc., il y avait eu, dans celui de DUNN, après deux attaques successives, hémianopsie latérale double avec conservation de la vision centrale. Le malade ne pouvait se représenter la situation respective des lieux, pas même celle de sa propre maison ; il savait qu'elle était située à la rencontre de deux rues, mais il ne savait plus rien des rapports de ces rues avec les autres rues de la ville. Mais comme la perte du « sens des lieux » n'avait apparu qu'après la seconde attaque, ayant déterminé l'hémianopsie gauche par lésion de l'hémisphère cérébral droit, DUNN

---

nutrition dû à une intensité lumineuse trop vive affectant l'activité sécrétoire de l'épithélium pigmentaire, tout en ayant provoqué une désassimilation maxima. L'éclat de la neige, la blancheur d'un mur, la lumière électrique, le rayonnement du verre en fusion (souffleurs de verre) sont des causes banales de ces cécités par trouble local de la nutrition. Dans le dernier cas, toutefois, on doit tenir compte de l'influence de la chaleur, car, d'après les recherches de GRADENIGO, que rapporte HANS KRIENES, une température de 30 à 36° C produit sur la rétine les mêmes altérations qu'une lumière intense. Le nombre des cataractes attribuées à cette dernière cause serait de 21 pour 100 chez les verriers. On cite encore, parmi les causes des troubles de nutrition provoquant l'héméralopie, la myopie, la sénescence, l'albinisme, le manque de sommeil nocturne, les affections dyscrasiques, etc. L'insuffisance de nourriture figure aussi dans cette étiologie. Dans les pays où la famine est inconnue, tels que l'Angleterre, l'héméralopie est beaucoup plus rare qu'en Irlande, par exemple, dans les Indes, la Chine, la Russie, voire aux temps des carêmes et des longs jeûnes.

(1) Dans le *forceps* existeraient les deux voies requises pour commissurer, d'une part, les deux lobes occipitaux, et relier, d'autre part, chaque lobe occipital au lobe temporal opposé (voie du *forceps-tapetum*). Le *tapetum*, le *tapis* de GRATIOLET, est, selon SACHS, formé d'au moins deux systèmes de fibres étroitement mêlées : 1° la voie du *forceps-tapetum*, reliant chaque lobe occipital au lobe temporal opposé ; 2° la commissure des deux lobes temporaux, surtout dans leur partie postérieure, la portion antérieure des circonvolutions du lobe temporal étant reliée par la commissure cérébrale antérieure. Un fait important a même été relevé : la commissaire antérieure était intacte dans cette observation, alors que le faisceau longitudinal inférieur n'existait plus. La commissure antérieure n'a aucun rapport avec le lobe occipital.

(2) THOMAS DUNN. *Double Hemiplegia with double Hemianopsia and loss of geographical centre*. University med. Magazine Philadelphia, VII, may 1895, n° 8.

estime qu'il pourrait bien exister, dans le cerveau droit, un « centre de souvenir des images optiques des lieux ». L'explication du fait paraît pourtant simple. D'abord l'orientation dans l'espace n'est pas un sens dont on doive chercher la localisation dans l'écorce cérébrale, pour l'excellente raison que, ni chez l'homme ni chez les autres animaux, il n'existe de « sens de l'orientation ». Ensuite les observations cliniques prouvent manifestement que, si la mémoire des lieux s'efface et disparaît souvent après la dernière attaque, déterminant une seconde hémianopsie bilatérale homonyme, c'est-à-dire désormais la cécité, la cause de ce phénomène n'est point dans la destruction d'un prétendu centre d'orientation qui serait localisé dans le lobe occipital droit ou gauche: les faits montrent simplement que le lobe occipital d'un hémisphère suffit à la conservation de cette fonction de relation, tandis qu'une destruction bilatérale des deux sphères visuelles l'abolit pour toujours.

Les images spatiales, c'est-à-dire naturellement les souvenirs, les relations topographiques des choses entre elles qui servent à nous orienter dans l'espace, ne sauraient être des représentations des choses considérées séparément : ces images sont des « séries optiques de souvenirs » (Sachs), sortes de complexus dont les éléments surajoutés sont les souvenirs d'*objets perçus successivement dans l'ordre où ils existent*. Dans l'état d'insuffisance fonctionnelle dû aux conditions organiques de la nutrition où se trouvait le reste du champ visuel du malade de Förster, et auquel nous avons déjà rattaché son achromatopsie, si la vision des formes était encore possible, ainsi que la transmission de ces perceptions au reste de l'écorce, le réveil des associations en séries des représentations ne l'était plus. Voilà pourquoi ce patient avait non seulement perdu ses anciennes représentations d'espace, sa mémoire des localités, mais était désormais incapable d'en acquérir de nouvelles. Un objet peut être vu, en effet, sans être reconnu. Je crois, avec la plupart des physiologistes de notre temps, que le rôle du lobe occipital, quoique absolument indispensable, n'a guère plus d'importance qu'un autre dans le phénomène de la reconnaissance. Une association simple, *primitive*, suffit pour faire apparaître l'image de l'objet dans l'écorce du lobe occipital : l'objet est vu. Mais, pour qu'il soit reconnu, de longues voies d'association, si elles existent, ou des centres d'association, reliant ce centre nerveux au reste de l'écorce cérébrale, et en particulier au lobe temporal, sont nécessaires; cette association *secondaire* est la condition essentielle de la reconnaissance. On peut dire, avec Sachs, qui avait surtout insisté sur l'importance des connexions extraordinairement, selon lui, multiples, du lobe temporal, que la *reconnaissance* d'un objet quelconque, qu'il soit vu, entendu, odoré, goûté ou senti, est l'œuvre de l'écorce cérébrale tout entière.

Quoique opposé en principe à l'idée d'une dualité fonctionnelle des centres nerveux corticaux, d'une division élémentaire de ces centres en moteurs et sensoriels ou sensitifs, aussi bien qu'à celle d'une subdivision de ces mêmes centres de projection en territoires de perception et de représentation (MUNK, WILBRAND), je n'aurais, on le conçoit, aucune objection, s'il existait un seul fait contraire. Encore que les catégories de l'entendement humain ne soient et ne puissent être que le reflet, plus ou moins déformé, de cette lumière du monde qui éclaire tout homme; quoique notre intelligence ne puisse avoir reçu ses formes que de l'action séculaire des choses, façonnant, avec notre cerveau, les concepts fondamentaux de cet organe, qu'un neurologiste éminent, doublé d'un anatomiste tout à fait supérieur, BRISSAUD, compare à un « appareil photographique » ; malgré tout, ou plutôt à cause de ces conditions élémentaires de toute connaissance humaine, nul n'a le droit d'imposer aux choses les conceptions logiques de son esprit. La structure des centres nerveux, dans un arrangement différent de la matière vivante et pensante, aurait sans doute pu être autre. Mais, telle que nous commençons à la connaître, cette structure, et surtout si nous avons moins en vue les centres anatomiques que les centres fonctionnels du cerveau, il n'y a guère d'apparence d'une dualité physiologique, et partant anatomique, dans les différents territoires de projection de l'écorce cérébrale.

Quoiqu'il n'existe pas de fibres et de cellules nerveuses motrices au sens naïf où d'abord on l'avait entendu, il est certain que, dans la substance grise du cerveau comme dans celle de la moelle, des groupes considérables de neurones, morphologiquement distincts, sont les cellules d'origine de fibres nerveuses qui se terminent, soit directement, soit indirectement, en s'arborisant, dans les organes proprement moteurs de l'organisme, dans les muscles. Mais ces neurones, qui apparaissent aussi bien, quoique plus rares, solitaires, dans le lobe occipital, que dans les régions rolandiques, font toujours partie intégrante des différents centres de sensibilité générale ou spéciale constituant l'écorce tout entière : ils ne forment point d'îlots moteurs séparés et reliés seulement par des ponts aux arborisations terminales ou collatérales des cylindraxes des cellules nerveuses sensorielles, ou sensitives, de leur centre respectif de sensibilité, du moins dans l'écorce cérébrale, sinon dans la moelle épinière et la moelle allongée. Peut-être aussi, il est vrai, les neurones d'association de GOLGI et de CAJAL jouent-ils le rôle que leur attribue von MONAKOW dans les processus de transmission des courants afférents aux neurones dont les cylindraxes constituent les faisceaux de projection efférents du névraxe. Toutefois, entre les arborisations terminales des fibres sensitives et les expansions protoplasmiques des cellules d'origine

des fibres du faisceau pyramidal, la contiguïté paraît être immédiate, sans interposition d'un troisième élément nerveux. De même dans la substance grise de la moelle, où les collatérales sensitivo-motrices des fibres du cordon postérieur se terminent à proximité des dendrites des cellules motrices radiculaires, et dans les éminences antérieures des tubercules quadrijumeaux, où les fibres optiques et les fibres acoustiques s'arborisent au voisinage des cellules d'origine de faisceaux tels que le faisceau réflexe de Held.

Audition. — Les modifications de la pression de l'air atmosphérique au cours des âges géologiques ont certainement influé sur l'évolution phylogénique de l'organe de l'ouïe. Si, à l'origine, l'audition n'a été, comme la vision, qu'une sorte de tact, dont les vibrations du milieu aérien ou aquatique constituaient le stimulus adéquat, il est évident que ces vibrations étaient d'autant plus fortes que le milieu aérien était plus dense. Avec la diminution de la pression atmosphérique, et par conséquent de cette densité, les sons et les bruits devenant mois perceptibles, les organes des perceptions de cet ordre ont dû se différencier d'une manière correspondante et réaliser les conditions de nouvelles adaptations en fixant les variations utiles de l'organe considéré. Or il est admis par la plupart des géologues qu'aux premiers âges de cette planète la tension de l'acide carbonique et celle de l'oxygène étaient beaucoup plus fortes qu'elles ne le sont aujourd'hui; la masse de l'atmosphère était donc plus épaisse et plus haute.

« Si, pour les animaux aériens comme pour les animaux aquatiques, nous considérons non plus l'époque actuelle, mais les âges géologiques, a écrit Paul Bert, tout nous donne à penser que la pression barométrique a dû jouer un rôle important dans l'apparition et dans la modification de la vie à la surface du globe. Aux premiers âges de notre planète, en effet, la tension de l'oxygène devait être beaucoup plus forte qu'aujourd'hui pour deux raisons : l'atmosphère était plus haute, et sa richesse oxygénée plus forte, les roches n'étant point encore refroidies et oxydées sur une aussi grande épaisseur. Les époques qui nous suivront verront sans doute l'air rentrer de plus en plus dans les profondeurs du sol et l'oxygène y diminuer en proportion croissante. Ainsi, il est permis d'imaginer qu'il y a eu un temps où les êtres actuels n'auraient pu vivre sur le sol, à cause de la trop grande tension de l'oxygène, et qu'un temps viendra où ils ne pourront plus vivre à cause de sa trop faible tension... Les trois ennemis de la vie, telle que nous la connaissons aujourd'hui, étant, aux premiers âges géologiques, la chaleur, la tension de l'oxygène et celle de l'acide carbonique, les êtres qui résistent le plus à cette triple et funeste influence appartiennent au

groupe des vibrioniens. Ce sont eux, également, qui demeurent le plus longtemps actifs dans l'air raréfié. Vraisemblablement donc c'est par eux que la vie a apparu, c'est par eux qu'elle finira à la surface de notre planète (1). »

Chez les Poissons, le limaçon membraneux, expansion du saccule, est rudimentaire. Sauf chez les Anoures, l'organe de l'ouïe se réduit, chez les Amphibiens, au labyrinthe et aux trois canaux demi-circulaires. Les Anoures possèdent en outre une membrane du tympan, libre ou recouverte de peau, et une caisse du tympan communiquant avec l'arrière-bouche par une large trompe d'Eustache. Chez les Reptiles le limaçon n'est pas encore enroulé en spirale. Les Serpents et les Sauriens apodes manquent même des appareils périphériques du sens de l'ouïe des Anoures. La première trace de l'oreille externe se voit cependant chez les Hydrosauriens : le crocodile possède un repli cutané au-dessus de la membrane du tympan, qui est un rudiment de pavillon auriculaire. Chez les Oiseaux, qui se sont développés des Sauriens fossiles, le limaçon est bien développé : la portion membraneuse décrit déjà un demi-tour de spire et présente à son extrémité un renflement ampullaire (*lagena*). Le conduit auditif externe est entouré d'une couronne de longues plumes ; il est, chez les Hiboux, surmonté d'un repli cutané, également couvert de plumes, autre rudiment du pavillon de l'oreille externe. Mais la conque, l'appendice collecteur des sons, n'apparaît que chez les Mammifères. Point de pavillon encore cependant ni chez les Monotrèmes et les Marsupiaux, ni chez les Cétacés. Ce repli cutané de l'oreille externe, soutenu par des pièces cartilagineuses, et dont les mouvements dépendent de muscles spéciaux est de forme très variable chez les Mammifères. Cette formation anatomique correspond évidemment aux progrès de la structure et des fonctions de plus en plus complexes et délicates de l'oreille interne, dont le limaçon décrit de deux à trois tours de spire. C'est ainsi encore que les deux tubercules quadrijumeaux postérieurs ne se distinguent nettement des deux tubercules antérieurs que chez les animaux dont la cochlée atteint, comme dans l'homme, ce développement.

Les fibres nerveuses constituant le nerf acoustique proprement dit (*nervus* ou *ramus cochlearis*) sont constituées par les prolongements cylindraxiles ou centraux des cellules bipolaires du *ganglion cochléaire* (His) (*ganglion spiral*), les prolongements périphériques de ces cellules entrant en rapport, par de libres arborisations intraépithéliales, avec un grand

---

(1) Paul Bert. *La Pression barométrique. Recherches de physiologie expérimentale*, Paris, 1878, p. 1152.

nombre de cellules ciliées vibratiles, « de sorte que tout un complexus de cellules ciliées se trouve subordonné constamment à une seule fibre nerveuse » (LENHOSSEK) (1). « Les cellules de l'épithélium auditif, munies d'appendices ciliés, représentent quelque chose comme les cônes et les bâtonnets de la rétine, c'est-à-dire un chaînon épithélial intermédiaire entre l'agent extérieur, ondes sonores, et les fibrilles nerveuses réceptrices » (CAJAL), ramifications interépithéliales du prolongement périphérique des cellules bipolaires du ganglion spiral.

Tout au contaire des cellules olfactives, les cellules ciliées de l'épithélium des *maculae,* des *cristae* et des *papillae acusticae* de l'organe de l'ouïe ne sont pas des cellules nerveuses. Aucun rapport de continuité, mais de contiguïté seulement, chez les vertébrés, entre les fibres nerveuses cochléaires et les cellules ciliées de l'organe périphérique de l'ouïe. RETZIUS a insisté sur ce fait, qui lui paraît avec raison plein de signification, car il ne témoigne pas seulement de la variété des mécanismes réalisés par la nature au cours de l'évolution : il établit le caractère de différenciation plus élevé de l'organe de l'ouïe au regard de celui de l'olfaction. Et cette remarque a d'autant plus d'importance qu'on a souvent identifié les cellules ciliées de l'organe de l'ouïe aux cellules olfactives de l'organe de l'odorat. Dans l'organe de l'odorat ce sont encore des équivalents *primitifs* des neurones sensitifs que représentent les cellules olfactives : elles sont en effet directement excitables. De leur court prolongement périphérique elles recueillent les *stimuli* externes qu'elles propagent à l'intérieur du *bulbus olfactorius* au moyen de leur fin prolongement central.

Pour les sensations de l'ouïe, entre le monde extérieur et les terminaisons périphériques du nerf cochléaire sont interposées des cellules épithéliales spéciales, les cellules ciliées. C'est par leur intermédiaire qu'arrivent les ébranlements du milieu externe aux terminaisons nerveuses existant dans l'épithélium. Les cellules bipolaires de l'acoustique correspondent d'ailleurs aux cellules bipolaires olfactives : « elles représentent toutefois, écrit RETZIUS, un développement phylogénique supérieur (2). »

---

(1) *Beiträge zur Histologie des Nervensystems und der Sinnesorgane.* Wiesb., 1894. Les résultats obtenus avec la méthode de GOLGI sur ces terminaisons nerveuses confirment les recherches antérieures sur le sujet de RETZIUS, VAN GEHUCHTEN et CAJAL. V. *Die Nervenendigungen in den Maculae und Cristae acusticae.*

(2) GUSTAF RETZIUS. *Biologische Untersuchungen.* N. F. 1892, III, 28. *Die Endigungsweise des Gehörnerven.* Taf. XI-XII. Ibid., *1893, V, 35-38. *Weiteres üb. die Endigungsweise des Gehörnerven.* Cf. VAN GEHUCHTEN. *Contribution à l'étude des ganglions cérébro-spinaux.* La Cellule, VIII, 1892. J. NIEMACK. *Maculae u. Cristae acusticae mit* EHRLICH'S *Methylenblau-methode untersucht.* Anat. Hefte (MERKEL u. BONNET), 1892.

Car c'est par l'interposition d'un épithélium d'organe sensoriel que les terminaisons périphériques du nerf cochléaire sont impressionnées, comme c'est le cas pour les cellules sensitives des ganglions spinaux.

Retzius a pu constater que, même chez les Vers, chez les vers polychètes à la vérité, les cellules bipolaires du type des cellules nerveuses sensitives se trouvent si immédiatement à proximité de l'organe central, du ganglion cérébroïde, qu'on pourrait croire qu'elles lui appartiennent : « Il existe ainsi, dit-il, chez un ver polychète, une disposition anatomique qui se rapproche de celles qui se trouvent réalisées chez les vertébrés dans les ganglions cérébro-spinaux et avant tout dans le *ganglion acustici.* » C'est là en quelque sorte, semble-t-il, un anneau intermédiaire : chez les *nereis*, comme chez les vertébrés, les cellules nerveuses des sens se trouvent avoir émigré, à l'intérieur, à proximité de l'organe central, tandis que chez les vers inférieurs et les invertébrés en général, ces cellules sont encore situées à la périphérie, soit dans l'épiderme, soit immédiatement au-dessous (1).

Les cellules de l'acoustique sont toutefois demeurées à un stade inférieur de développement ; elles n'ont pas atteint au stade de l'unipolarité, au moins apparente, des cellules des ganglions cérébro-spinaux des vertébrés supérieurs. Chez l'homme même « elles sont restées au stade primordial, embryonnaire, de la bipolarité où demeurent pour la plupart les cellules de ces ganglions chez les poissons même à l'état adulte ». Dans le tégument externe des vertébrés — cyclostomes, téléostéens, amphibiens, reptiles, mammifères — pénètrent en grand nombre des fibrilles nerveuses dont la gaine de myéline a abandonné le cylindraxe : ces fibrilles se ramifient de la peau dans l'épiderme entre les cellules épithéliales où elles se terminent par de libres arborisations. Dans l'épithélium stratifié des muqueuses — palais, langue, épiglotte, cordes vocales, œsophage, etc., — ces fibrilles se comportent comme dans l'épiderme. Ce mode de terminaison des fibres sensitives dans la peau et dans les muqueuses existe chez tous les vertébrés depuis les cyclostomes (2).

L'origine de la voie centrale de l'audition est donc située en dehors du système nerveux central, comme celle de la voie centrale de la sensibilité générale. Elle se termine naturellement aussi dans l'écorce du

(1) G. Retzius. *Biol. Unters.*, 1895, VII, 6. *Zur Kenntniss des Gehirnganglions u. des sensiblen Nervensystems der Polychäten.* Taf. II-III.

(2) G. Retzius. Ibid., 1892, IV, 37-44. *Ueber die sensiblen Nervenendigungen in den Epithelien bei den Wirbelthieren. — Ueber die neuen Prinzipien in der Lehre von der Einrichtung des sensiblen Nervensystems*, p. 49-56.

télencéphale. Voici, d'après Hans Held (1), les différentes routes fort complexes, avec leurs relais, que suivent les impressions du son entre ces deux stations (fig. 24-26).

I. Système direct de premier ordre. Fibres radiculaires de l'acoutisque. — Ce qu'est la substance grise des cornes de la moelle épinière pour les racines postérieures, c'est-à-dire pour le prolongement central des cellules des ganglions spinaux, le *noyau*

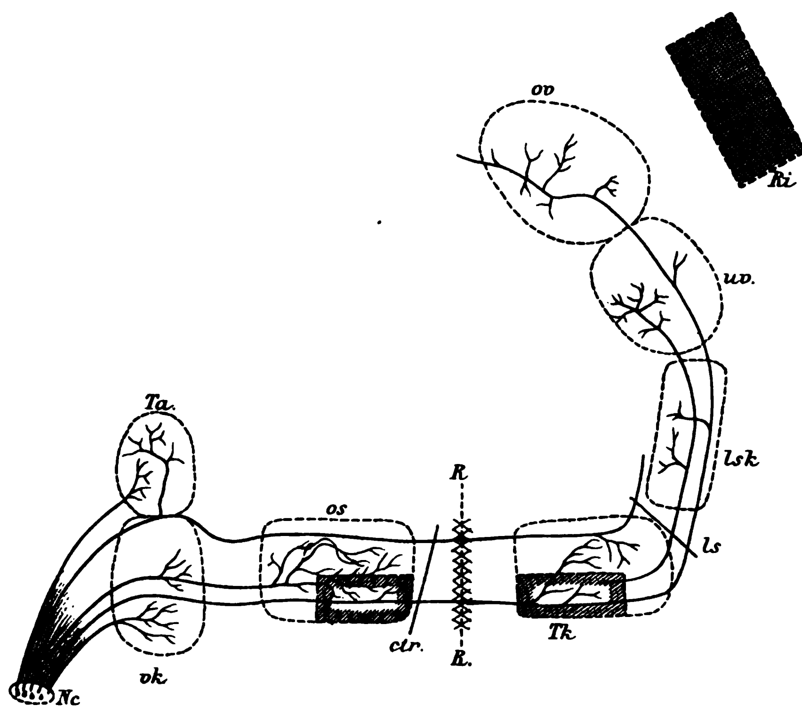


Fig. 24. — Schéma des voies centrales de l'audition (Held).

Système direct de 1er ordre. — Fibres radiculaires de l'acoustique. *Nc*, nerv. cochlearis. *vk*, noyau antérieur. *Ta*, tuberculum acusticum. *os*, olive supérieure. *ctr*, corpus trapézoides. *R*, raphé. *Tk*, noyau du corps trapézoïde. *ls*, ruban de Reil latéral. *lsk*, noyau du ruban de Reil latéral. *uv*, tubercule quadrijumeau inférieur ou postérieur. *ov*, tubercule quadrijumeau supérieur ou antérieur. *Ri*, écorce cérébrale.

antérieur ou ***ventral de l'acoustique*** et le *tuberculum acusticum* le sont pour le ***nervus*** ou ***ramus cochlearis*** : c'est dans ces ganglions que s'arborisent les racines nerveuses du nerf cochléaire ; voilà le premier territoire de terminaison de ce nerf dans sa voie centrale intramédullaire. Les deux masses grises occupent, dans la moelle allongée, chez tous les vertébrés, les parties latérales du tronc céphalique. Le noyau postérieur ou dorsal de l'acoustique est également la première station terminale du *nerf vestibulaire*. Dans le territoire de terminaison primaire du nerf cochléaire pénètrent aussi quelques collatérales

(1) Hans Held. *Die centrale Gehörleitung*. Arch. f. Anat. und Physiologie (W. His u. Du Bois-Reymond). Anat. Abth., 1893, 201-248.

du nerf vestibulaire qu'envoie ce nerf en passant devant le noyau antérieur : il en résulte que, dans son trajet ultérieur, le nerf acoustique peut transmettre, en même temps que les effets de son activité propre, quelques excitations provenant de la sphère vestibulaire. Mais toutes les *fibres radiculaires du nerf acoustique* ne s'épuisent pas dans ces premiers relais. Des fibres radiculaires du nerf cochléaire s'arborisent aussi dans les *olives supérieures* et peut-être dans d'autres masses grises encore.

II. **Système indirect ou de deuxième ordre de l'acoustique, allant jusqu'aux tubercules quadrijumeaux postérieurs. Voie centrale.** (*Noyau antérieur de l'acoustique. Tuberculum acusticum. Olives supérieures. Noyau du corps trapézoïde. Noyau latéral du ruban de* Reil). — Le *corpus trapezoideum*, dont les

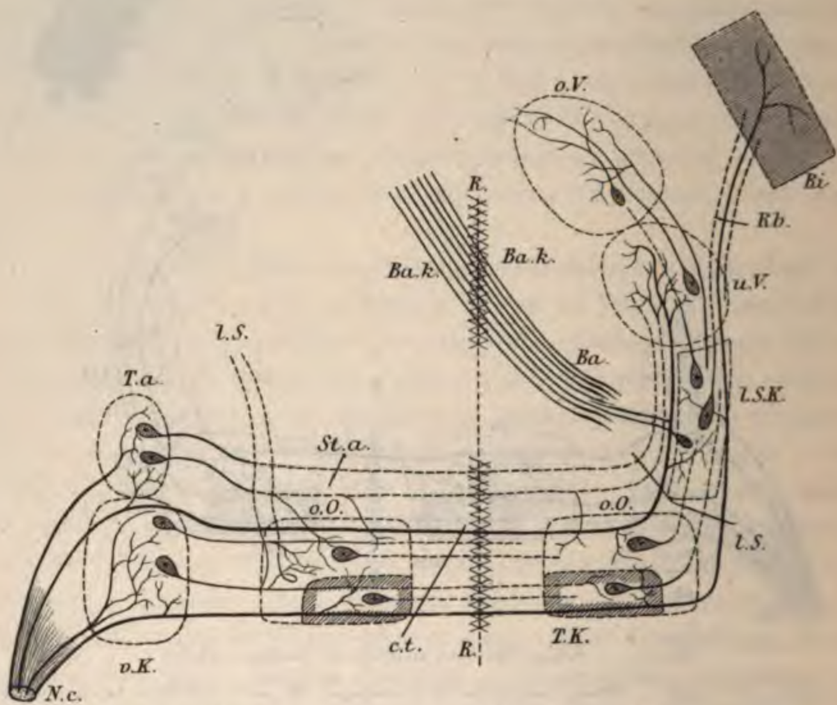


Fig. 25. — Schéma des voies centrales de l'audition (Held).

Système indirect ou de IIe ordre. — *Nc*, nervus cochlearis. *vk*, noyau antérieur. *ta*, tuberculum acusticum. *sta*, striæ acusticæ. *ct*, corps trapézoïde. *tk*, noyau du corps trapézoïde. *oO*, olive supérieure. *ls*, ruban de Reil latéral. *lsk*, noyau du ruban de Reil latéral. *R*, raphé. *Ba*, pédoncule cérébelleux supérieur. *Bak*, entrecroisement du pédoncule cérébelleux sup. *oV*, tubercule quadrijumeau supérieur. *Uv*, tubercule quadrijumeau inférieur. *Bi*, écorce cérébrale. *rb*, voie cérébrale.

fibres s'entrecroisent à la base de la moelle allongée, est une formation dérivée du noyau antérieur, comme les *striae acusticae* ou *medullares* le sont surtout du *tuberculum acusticum* : ces deux formations naissent des cellules des ganglions où se terminent les fibres radiculaires directes du nerf cochléaire. La plupart des fibres du corps trapézoïde ont leurs cellules d'origine dans le noyau antérieur de l'acoustique. Les *striae* ont une origine *double*, car une partie de leurs cylindraxes, la plus petite, dérive aussi du noyau antérieur de l'acoustique. Le *tuberculum acusticum*, d'où sort la plus grande partie des stries, est beaucoup moins développé chez l'homme que chez les animaux ; de là l'inconstance de ce système de

fibres chez l'homme (Flechsig) (1). Pour la plupart des auteurs, les *stries* représentent une « voie d'association entre les centres acoustiques primaires et le cerveau » (v. Monakow, Forel, Onufrowitsch). Held n'y contredit pas; mais les stries ne sont pas *la seule voie centrale* des nerfs acoustiques. Le corps trapézoïde en est une autre. Toutefois la double origine des *striae acusticae* exige qu'on distingue entre les unes et les autres fibres qui les constituent, différence qui s'accuse déjà par l'époque différente de leur myélinisation. Monakow et Baginsky ont distingué ces deux systèmes. Des fibres sortent du noyau acoustique antérieur et du *tuberculum acusticum*; d'autres s'y terminent : elles vont des *striae acusticae* dans le *tuberculum* et du *corpus trapezoideum* dans le noyau acoustique antérieur. Les premières, celles qui proviennent des stries acoustiques, pénètrent dans la couche moyenne du *tuberculum* et y forment autour de grosses cellules pyramidales, dont les prolongements cylindraxiles constituent les *striae* à direction centrale, fibres par excellence du *tuberculum*, ces sortes de corbeilles fibrillaires que Ramon y Cajal et Kölliker ont décrites, dans l'écorce du cervelet, autour du corps des cellules de Purkinje. Les secondes, les fibres venant du corps trapézoïde, s'arborisent dans tout le noyau acoustique antérieur.

Les prolongements centraux ultérieurs des *striae acusticae* et du *corpus trapezoideum* appartiennent au domaine du pont de Varole. Les fibres du corps trapézoïde envoient de nombreuses collatérales à l'*olive supérieure*, au *noyau du corps trapézoïde* et à l'*olive accessoire interne*. Le corps trapézoïde est pour Held, comme pour Flechsig et Bechterew, formé de fibres acoustiques centrales; il constitue une *voie centrale* par laquelle les impressions acoustiques pénètrent dans le cerveau et sont conduites, au delà du pont, dans le mésencéphale et dans le télencéphale. Cette idée a été pour la première fois exprimée par Flechsig et par Bechterew; Baginsky s'y est rallié, puis Edinger, mais à un point de vue intermédiaire. Les *stries acoustiques* représentent une voie secondaire (*secundäre Bahn*) des nerfs cochléaires. Les fibres du corps trapézoïde, aussi bien que les fibres des stries acoustiques, s'entrecroisent, sur la ligne médiane, avec les fibres du côté opposé, et, réunies en un faisceau compact, forment la *couche latérale du ruban de* Reil ou *ruban de* Reil *inférieur (laterale Schleife, untere Schleife)*. Dans le ruban de Reil latéral, constituant la voie acoustique centrale, Held a distingué et isolé les huit éléments suivants :

PARTIE DU NOYAU ANTÉRIEUR DE L'ACOUSTIQUE

1. Cylindraxes des cellules du noyau antérieur croisé.	*Corpus*
2. Cylindraxes des cellules du noyau antérieur correspondant.	*Trapezoideum.*

PARTIE DU COMPLEXUS DE L'OLIVE SUPÉRIEURE

3. Cylindraxes de l'olive supérieure croisée.	
4. Cylindraxes du noyau du corps trapézoïde croisé.	*Corpus*
5. Cylindraxes de l'olive supérieure correspondante.	*Trapezoideum.*
6. Cylindraxes du noyau du corps trapézoïde correspondant.	

PARTIE DES *striae acusticae*.

7. Cylindraxes du *tuberculum acusticum* croisé.
8. Cylindraxes du *tuberculum acusticum* correspondant.

---

(1) Cf. sur les variétés individuelles des *striae medullares*, voire sur leur absence complète dans certains cas, Bechterew. *Die Leitungsbahnen im Gehirn*... 2[te] Aufl., 1899, 332.

Dans la couche du ruban de Reil du pont, la voie centrale de l'acoustique occupe la partie latérale, la voie centrale de la sensibilité tactile et générale la partie interne ou médiane. On donne donc le nom de *ruban de* Reil *médian* à la voie centrale des nerfs sensibles de la moelle épinière et de ceux du glosso-pharyngien, du vague, du vestibulaire et du trijumeau, et celui du *ruban de* Reil *latéral* à la voie centrale de l'audition. Pendant tout son trajet, le ruban de Reil latéral entre en connexions avec des masses grises, dont la plus importante est le *noyau latéral du ruban de* Reil (*nucleus lemnisci lateralis*), de développement embryonnaire très précoce (His) et dont Held a signalé les rapports avec la substance grise de l'olive supérieure. Held insiste sur l'homologie qu'il aperçoit, d'une part, entre le *corps trapézoïde* et l'*olive supérieure*, de l'autre, entre le *ruban de* Reil *latéral* et ce *noyau latéral du ruban de* Reil : la ressemblance de forme des cellules de ce

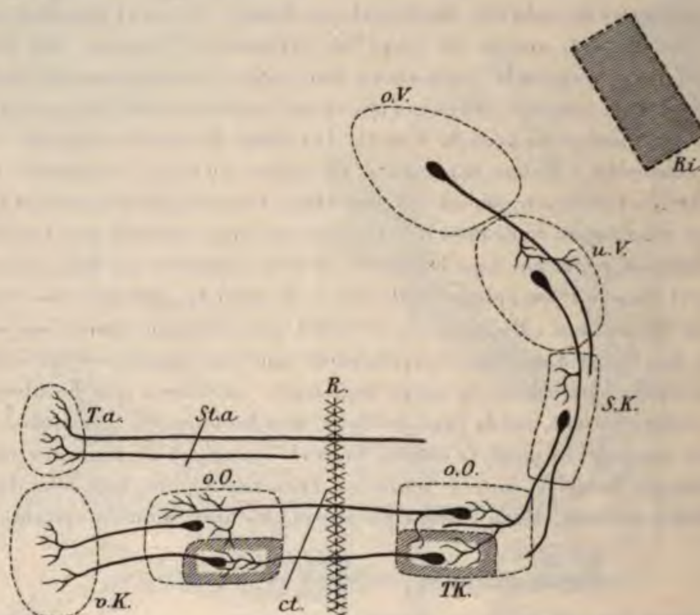


Fig. 26. — Schéma des voies centrales de l'audition (Held).

Système indirect de IIIe ordre. — *vK*, noyau antérieur. *ct*, corps trapézoïde. *R*, raphé. *TK*, noyau du corps trapézoïde. *oO*, olive supérieure. *ta*, tuberculum acusticum. *Sta*, striæ acusticæ. *SK*, noyau du ruban de Reil latéral. *oV*, tubercule quadrijumeau supérieur. *uV*, tubercule quadrijumeau inférieur. *Ri*, écorce cérébrale.

noyau avec celle des neurones de l'olive supérieure fortifie encore cette homologie : le ruban de Reil reçoit un appoint de fibres du *noyau latéral*. Ainsi, sur tout son parcours, ce faisceau rubané de Reil rencontre et environne de ses fibres de petites masses de substance grise.

III. Système indirect de troisième ordre de l'acoustique. Voies réflexes (*Tubercules quadrijumeaux*). — « C'est à son entrée dans la région des tubercules quadrijumeaux que le ruban de Reil latéral éprouve les modifications et transformations les plus considérables. Là existe un premier grand centre de la voie centrale de l'audition : là se trouvent réalisées des conditions anatomiques de la plus haute importance permettant un détour des impressions de l'ouïe sur une voie que ses connexions intimes avec les noyaux moteurs les plus divers caractérisent éminemment comme *réflexe* ; là enfin commence (selon

HELD) l'embranchement définitif d'une *voie corticale directe* qui, à la différence du premier centre, conduit à l'écorce grise du télencéphale les perceptions acoustiques » (H. HELD). Le ruban de REIL latéral soutient en effet d'étroits rapports anatomiques avec les tubercules quadrijumeaux. C'est dans les tubercules quadrijumeaux *inférieurs* ou *postérieurs* que se termine, pour la plus grande part, le ruban de REIL latéral ; le reste de ce faisceau rayonne d'en bas dans les tubercules quadrijumeaux *supérieurs* ou *antérieurs*, chez l'homme comme chez d'autres mammifères. La méthode au chromate d'argent a permis de connaître le mode de terminaison des fibres de ce faisceau au milieu des cellules constitutives des tubercules quadrijumeaux : tout le ganglion est rempli, feutré, des arborisations terminales de ces fibres ; une partie, d'ailleurs assez faible, de ces axones dépasse la ligne médiane dans le toit de l'aqueduc de SYLVIUS, et se termine dans le tubercule quadrijumeau postérieur du côté opposé (1). De même pour les fibres du ruban de REIL latéral qui rayonnent dans le tubercule quadrijumeau antérieur et dont les puissantes ramifications terminales, s'étendant jusque dans la substance grise centrale, dépassent la ligne médiane et arrivent jusque dans le tubercule quadrijumeau antérieur croisé.

Les cellules du tubercule quadrijumeau postérieur, de forme et de volume variés, sont de deux types. Les plus petites rappellent les cellules du 2e type de GOLGI : leur cylindraxe s'épuise dans le ganglion en un grand nombre de ramifications terminales qui se subdivisent entre les fibrilles nerveuses du ruban de REIL, formant avec elles un réseau extrêmement dense. Les plus grosses, à puissants dendrites, émettent un cylindraxe qui donne bien naissance à des collatérales, mais dont la branche principale, l'axone, dépasse le tubercule quadrijumeau postérieur. Ces dernières cellules, de « type ascendant », HELD indique leurs connexions, ainsi que celles des cellules des tubercules quadrijumeaux antérieurs au milieu desquelles rayonnent les fibres du ruban de REIL latéral. Enfin, il est un groupe de fibres de ce faisceau qui, sans contracter de rapports étroits de ce genre avec la région des tubercules quadrijumeaux, donneraient directement naissance à ce que ce savant a appelé la *voie corticale directe de l'acoustique* (2) : ces fibres traverseraient le tubercule quadrijumeau *postérieur* (renforcées, en partie, de cylindraxes dont les cellules d'origine sont dans ce ganglion), passeraient par son *brachium*, et, par la *regio subthalamica*, arriveraient dans la *capsula interna*, d'où elles monteraient directement à l'écorce du lobe temporal. Nous n'avons garde d'oublier les raisons de tous points péremptoires qu'a élevées MONAKOW contre ces déductions anatomiques. Quant aux rapports du nerf cochléaire avec les tubercules quadrijumeaux postérieurs, FLECHSIG et BECHTEREW les ont signalés les premiers (3).

---

(1) Une autre connexion croisée entre les deux tubercules quadrijumeaux postérieurs est signalée par HELD, p. 246, dans une Note additionnelle à son mémoire.

(2) Un *second système* posséderait peut-être aussi, selon HELD, l'importance d'une *voie corticale acoustique* : sorties de la face interne du ruban de REIL latéral, des fibres iraient s'adjoindre au pédoncule cérébelleux supérieur et suivraient avec lui la même direction : ces fibres du ruban de REIL seraient soit des collatérales, soit des prolongements cylindraxiles de cellules du *noyau latéral* du ruban de REIL ; d'autres auraient leurs cellules d'origine dans le tubercule quadrijumeau postérieur. BECHTEREW admet qu'une partie du ruban de REIL latéral passe au-devant des tubercules quadrijumeaux et se rend sans interruption au pédoncule cérébelleux supérieur. *Die Leitengsb. im Gehirn.* 2te Aufl., 1899. 328.

(3) PAUL FLECHSIG. *Zur Lehre vom centralen Verlauf der Sinnesnerven.* Neurol. Centralbl., 1886. FLECHSIG a montré l'erreur facilement explicable de BAGINSKY quant à cette découverte. Dès avril 1885, BECHTEREW avait aussi établi l'existence de rapports du *nervus cochlearis* avec le *noyau antérieur de l'acoustique* ainsi que la provenance du *corps trapézoïde* de ce noyau.

C'est donc dans le mésencéphale qu'a lieu la division en deux voies de la voie centrale de l'acoustique demeurée jusqu'alors unie pendant tout son trajet ascendant dans le tronc céphalique : la voie corticale directe de l'acoustique se sépare des fibres qui restent dans la région des tubercules quadrijumeaux. A la nouvelle voie corticale de l'acoustique appartiendrait le rôle de conduire à l'écorce cérébrale, à la conscience, les impressions sonores ; à l'ancienne voie centrale de l'acoustique serait surtout destiné celui de réaliser les rapports réflexes, si étendus et si multiples, qui relèvent de ce sens.

De cellules nerveuses volumineuses, qui se distinguent par la grosseur de leur cytoplasma et par l'étendue de leurs dendrites, cellules situées dans les couches grises moyennes et inférieures du *tubercule quadrijumeau antérieur*, sort une voie nerveuse descendante, système de voies nerveuses *réflexes*, dont les fibres et les collatérales se distribuent aux noyaux des IIIe, IVe et VIe paires de nerfs crâniens des muscles des yeux. Mais ce n'est pas seulement le nerf optique qui se ramifie dans les cellules de ce ganglion, c'est aussi le nerf acoustique. Les recherches de Ramon y Cajal et de van Gehuchten ont montré que les fibres de l'*opticus*, prolongements cylindraxiles des cellules ganglionnaires de la rétine, se terminent en s'arborisant dans les couches grises superficielles des tubercules quadrijumeaux antérieurs ; ces arborisations entourent les cellules constitutives de ces masses grises, dont les axones ou s'y épuisent, ou se ramifient dans les couches profondes, là même où s'arborisent, dans ces ganglions, les fibres du ruban de Reil latéral. La voie centrale du système direct de Ier ordre de l'acoustique (fibres radiculaires du *nervus cochlearis*) et celle du système indirect de IIe ordre, *voies ascendantes*, entrent ici en conflit avec d'autres parties du cerveau contenant des centres moteurs et d'où partent des *voies descendantes*. Il s'agit donc, à partir de ce point, d'une voie réflexe commune des nerfs de la vue et de l'ouïe (1).

Cette grande voie réflexe commune optico-acoustique, destinée surtout à transmettre les impressions des deux sens de la vue et de l'ouïe aux appareils moteurs des yeux, des oreilles et de la tête, descend donc des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Ce système représente bien un arc réflexe. En outre, Held a décrit des voies spéciales pour le nerf acoustique, qui conduisent à la VIe paire, au noyau du facial, à la *formatio reticularis*. Une de ces voies réflexes est celle qui, de l'*olive supérieure*, apporte au nerf de la VIe paire (*n. abducens*) des excitations acoustiques. Des collatérales, issues des fibres du *corps trapézoïde*, se distribuent au noyau du facial du côté correspondant : les impressions acoustiques peuvent ainsi

(1) Les rapports de ces deux voies centrales paraissent en ce point si étroits qu'Epstein a pu soutenir (1895) que le phénomène physiologique de l'augmentation de l'acuité *visuelle* sous l'influence des impressions de l'*ouïe*, doit avoir pour siège, non l'écorce cérébrale, mais la *paire antérieure des tubercules quadrijumeaux*, où les fibres de l'*opticus* rencontrent non seulement des cellules dont les axones s'arborisent dans les noyaux du *n. oculomotorius*, du *n. trochlearis* et du *n. abducens*, mais aussi (sans doute par l'intermédiaire de cellules intercalaires du 2e type de Golgi) les arborisations terminales du *nervus cochlearis*. Comme il est démontré, en outre, que des fibres à conduction centrifuge passent aussi dans le nerf optique, Epstein estime que le phénomène en question a lieu par une action réflexe qu'exerceraient ces fibres sur la rétine. La faradisation du nerf acoustique aurait déterminé, chez un animal, des mouvements des yeux et un réflexe très net de la conjonctive. — *Ueber Modificationen der Gesichtswahrnehmungen...* Zeitschr. f. Biol., XXXIII, 1896, 28.

déterminer des contractions réflexes de la face, des mouvements d'expression mimique, des mouvements variés des oreilles en rapport avec cet ordre de sensations. Ces collatérales se ramifient encore dans la *formatio reticularis,* et l'on s'explique par cette disposition anatomique que les impressions acoustiques puissent affecter les groupes de cellules nerveuses qui président là sans doute en partie aux mouvements de la respiration, à l'innervation vaso-motrice, etc.

En résumé, Held a montré que la voie centrale de l'acoustique est pour la plus grande part un prolongement *croisé* du nerf ou rameau cochléaire, et, pour la moindre, un prolongement *direct.* Ce nerf présente donc, selon lui, des rapports de tous points semblables à ceux du nerf optique. Il formule ainsi sa pensée dernière : « La voie centrale de l'acoustique se termine pour une grande partie dans le mésencéphale et en particulier dans les tubercules quadrijumeaux quant au système des fibres radiculaires et au système de II[e] ordre. Là commencent les voies descendantes. Une partie plus petite de la voie centrale va jusqu'au *cerveau* comme *voie corticale acoustique directe* en passant par le territoire du mésencéphale. »

IV. Système indirect de quatrième ordre de l'acoustique. Voie corticale *(Corps genouillés internes, Écorce du télencéphale).* — Quant au trajet ultérieur de la voie centrale du nerf acoustique, après son interruption dans la tubercule quadrijumeau postérieur, les derniers résultats de la méthode embryologique, de la méthode des dégénérations et de l'anatomie comparée établissent que les fibres de ce faisceau, après avoir traversé les bras postérieurs des tubercules quadrijumeaux, sont de nouveau interrompues dans les *corps genouillés internes,* quoiqu'il soit possible, au dire de Bechterew, qu'elles passent en partie aussi directement par la *capsule interne* et s'élèvent, par cette voie, au lobe temporal du télencéphale (1).

La destruction du lobe temporal est suivie, chez le lapin, le chien, etc., de l'atrophie de la couronne rayonnante de ce territoire, du corps genouillé interne et du bras postérieur du tubercule quadrijumeau ; l'atrophie s'étend à la couche fenêtrée de la couche optique (Monakow). Les lésions de déficit de la première circonvolution temporale (T_1) déterminent, chez l'homme, les mêmes effets. Le territoire cortical de la sphère acoustique sensitivo-motrice comprend donc surtout la première circonvolution temporale. Sa voie *centripète* est formée par le *nervus cochlearis* et par la voie centrale de ce nerf (corps trapézoïde, stries acoustiques, ruban de Reil latéral, pédoncule cérébelleux, fibres du tubercule quadrijumeau postérieur et du corps genouillé interne allant au *gyrus temporalis* I) (2). La voie *centrifuge* de la sphère auditive passe dans la portion du système occipito-protubé-

---

(1) W. v. Bechterew. *Die Leitungsbahnen im Gehirn,..* 2[te] Aufl., 1899, 330.

(2) E. C. Spitzka. *The intra-axial course of the auditory Tract.* Med. Journ., 1886. Étude du trajet de l'acoustique dans le névraxe de cétacés de l'Amérique. Résultats confirmatifs de ceux de Monakow, etc., sur la transmission des impressions sonores par le corps trapézoïde, le ruban latéral de Reil, les tubercules quadrijumeaux postérieurs, les corps genouillés internes, la couronne rayonnante et l'écorce de la sphère acoustique.

rantiel qui a pour origine le lobe temporal, dans le pédoncule ou fascicule inférieur des fibres du *thalamus opticus* et dans la partie dorsale de la commissure postérieure.

Von Monakow conteste absolument que, des centres acoustiques primaires, des fibres de la voie centrale de l'acoustique passent directement dans l'écorce du télencéphale. Si la méthode des dégénérations démontre quelque chose en toute certitude, c'est le fait suivant, signalé déjà par ce savant anatomiste en 1885 : après l'ablation d'un lobe temporal (lapins, chats, chiens), la *dégénération* secondaire ne descend pas au delà du *corpus geniculatum internum* ; une légère *atrophie* simple se montre d'ailleurs dans le bras du tubercule quadrijumeau postérieur et peut-être aussi dans ce dernier. Plus bas, on ne décèle nulle part, ni à droite, ni à gauche, aucune altération secondaire quelconque. Même après l'ablation complète de tout un hémisphère, les *centres primaires de l'acoustique* (noyau antérieur de l'acoustique, *tuberculum acusticum*, etc.), de même que les masses grises du noyau du corps trapézoïde, des olives supérieures, et même le ruban de Reil latéral, *demeurent tout à fait normaux*, c'est-à-dire paraissent aussi bien développés que chez les animaux non opérés. Il en est de même chez l'homme, poursuit von Monakow : le corps genouillé interne dégénère secondairement tout entier (cas de Widmer, de Mahaim), mais les centres acoustiques primaires restent intacts. Au contraire, la section du ruban de Reil latéral, où passent les voies centrales de l'acoustique, ne lèse pas plus les fibres de la radiation corticale du corps genouillé interne que celles du segment postérieur de la capsule interne, si celle-ci n'a pas été directement lésée dans l'opération.

Il en irait donc tout autrement des rapports des centres primaires, secondaires ou tertiaires dans la voie centrale acoustique et dans la voie centrale optique. Dans celle-ci, en effet, l'ablation des sphères visuelles du lobe occipital chez les jeunes animaux (chiens et chats) détermine la dégénération secondaire des centres primaires optiques jusqu'au *nervus opticus*.

La méthode des dégénérations secondaires établit que les prolongements indirects du *nervus cochlearis*, issus du noyau antérieur de l'acoustique et du *tuberculum acusticum*, qui passent sans aucun doute, de relais en relais, dans le ruban de Reil latéral, ne montent point sans subir d'interruptions dans la *capsule interne* ni dans l'*écorce* de T_1. Les fibres constitutives de cette voie centrale doivent auparavant s'arboriser soit dans la substance grise des tubercules quadrijumeaux, soit dans le corps genouillé interne : « Les cellules nerveuses du *corps genouillé interne* forment, selon moi, la dernière station de réception des fibres acoustiques du *deuxième* ou du *troisième ordre* de projection. La connexion corticale a

lieu à la fin, selon la plus haute vraisemblance, par l'intermédiaire des cellules nerveuses du *corps genouillé interne*. Aussi avions-nous dans ce ganglion, comme dans le *corps genouillé externe*, indiqué un point de terminaison pour les fibres montant des régions inférieures de l'encéphale en même temps qu'une station d'origine pour les fibres corticales (1) ».

La *sphère de l'audition*, ou terminaison centrale du nerf cochléaire, est localisée par les uns dans la *partie postérieure* de la T_1 par les autres dans les *deux tiers postérieurs* de T_1 et T_2. Chez l'homme, *chaque nerf acoustique est en rapport avec les deux sphères auditives* (2), de sorte qu'une surdité chronique implique la destruction *bilatérale* du territoire de distribution de l'acoustique. Presque tous les faits anatomiques, cliniques et pathologiques s'accordent sur ce point. Tous les physiologistes et tous les cliniciens qui se sont dans les derniers temps occupés de cette question sont presque unanimes (Ferrier, Luciani et Tamburini, Mills, Gowers, etc.) : Flechsig, dans son dernier travail, appelle *Hörsphäre* la partie la plus postérieure de la première circonvolution frontale (3). La partie du nerf acoustique issue du limaçon, tout au moins, ne se développe, dit Flechsig, dans son trajet central, qu'après la naissance ; *de tous les nerfs sensoriels, c'est* donc *le dernier à se myéliniser* ; aussi la fonction de l'ouïe est-elle, ajouterons-nous, apparue la dernière dans le développement phylogénique des différentes espèces de vertébrés. Flechsig signale particulièrement, chez l'homme, les facultés musicales dont il est doué (*musikalische Begabung*), et qui l'élèvent à cet égard bien au-dessus de tous les autres animaux. Ainsi que l'a vu Aristote, c'est surtout par les rapports du sens de l'ouïe avec l'audition verbale que l'homme s'est si profondément différencié des autres mammifères : *la raison est une création de la parole*.

Flechsig a démontré, avec Bechterew, que le *nerf cochléaire* entre en connexion, par l'intermédiaire du *ruban de* Reil *latéral* et (dans l'homme du moins) d'un certain nombre de fibres de la *formatio reticularis*, avec les *tubercules quadrijumeaux postérieurs* (4). D'autre part, von Monakow a

---

(1) Von Monakow. *Experiment. und pathol.-anat. Untersuchungen über die Haubenregion, den Sehhügel und die Regio subthalamica, nebst Beiträgen z. Kenntn. früh erworb. Gross- u. Kleinhirndefecte*. Arch. f. Psych., 1895, XXVII, 445-7. Cf. *Ueber den Ursprung und den centralen Verlauf des Acusticus*. Correspond. Bl. f. Schweiz. Aertz., 1er mars 1887.

(2) D'après les recherches récentes de W. Larionow, il en est de même chez le chien : chaque oreille paraît être en rapport avec les centres corticaux des deux hémisphères. En excitant, avec le courant faradique, l'écorce du lobe temporal, tant dans le domaine du *gyrus angularis* que sur T_1 et T_2, on provoque des mouvements bilatéraux des oreilles. *Ueber corticale Gehörcentra bei Hunden*, Neurol. Centralbl., 1898, 137.

(3) P. Flechsig. *Die Localisation der geistigen Vorgänge* (Leipzig, 1896).

(4) L'écorce de la sphère auditive présente une structure spéciale, comme celle des autres territoires fonctionnels des sens. C'est là un fait d'observation dont nous croyons devoir maintenir, avec

prouvé que le *corps genouillé interne*, en connexion avec les tubercules quadrijumeaux postérieurs, est en rapport avec l'écorce du *lobe temporal*, et exclusivement avec ce lobe. On connaît donc maintenant la voie suivie par les impressions acoustiques du limaçon à l'écorce cérébrale. Après WERNICKE, qui, au point de vue clinique, a le premier déterminé les rapports de l'ouïe avec le lobe temporal et créé le tableau symptomatique de l'*aphasie sensorielle*, NAUNYN (1887) a pu circonscrire d'un peu plus près cette région et la fixer dans le *troisième* et le *quatrième* cinquièmes postérieurs de T_1 : c'est ce territoire que l'embryologie, aussi bien que les dégénérescences secondaires, démontre appartenir à la sphère corticale du nerf cochléaire. La destruction de cette région entraîne la dégénérescence du corps genouillé interne (v. MONAKOW).

Chez les enfants de deux mois, écrit FLECHSIG, le siège et l'étendue de la sphère auditive (*Hörsphäre*) peuvent être encore déterminés avec plus de précision : la *couronne rayonnante du corps genouillé interne* se myélinise, en effet, beaucoup plus tôt que tous les autres faisceaux du lobe temporal ; il en résulte qu'on voit nettement ces fibres venir se distribuer aux deux circonvolutions transverses (*gyri transversi*) de HESCHL qui constituent la *sphère auditive*, surtout le *gyrus transversus anterior* (1). Ces deux circonvolutions transverses, situées dans la profondeur de la scissure de SYLVIUS, forment en quelque sorte les racines de la circonvolution de WERNICKE (T_1) : elles se voient entre le bord postérieur de l'*insula* et la partie externe de T_1, exactement dans la région désignée par NAUNYN comme *zone de l'aphasie sensorielle* (2). Toujours, au moins dans tous les cas connus jusqu'ici de surdité totale par suite de destruction bilatérale de cette province corticale, les *circonvolutions transverses* ont été trouvées *lésées des deux côtés*. Dans les cas de surdité hémilatérale, ou dureté

FLECHSIG, non seulement l'exactitude, mais la haute portée physiologique, et contre KÖLLIKER, qui l'a nié, et contre BECHTEREW lui-même, qui a été bien plus frappé, à cet égard, des uniformités que des différences anatomiques des diverses « espèces » (NISSL) de neurones. Le nombre des couches stratifiées de la *sphère auditive* y est plus grand que dans le reste de l'écorce, la *sphère visuelle* exceptée. FLECHSIG compte six couches : dans quelques-unes, les zones des *fibres horizontales* sont si riches que, sur quelques cerveaux au moins, cette aire présente un *ruban de* VICQ D'AZYR semblable à celui de la sphère visuelle. Il y signale encore « certaines cellules particulières à corps cylindroïdes » et un grand nombre de cellules pyramidales.

(1) Les faisceaux des *bras* des *éminences postérieures des corps quadrijumeaux*, où passent sans aucun doute les prolongements du *nerf cochléaire*, s'arborisent en partie dans les *corps genouillés internes*. Les fibres issues des corps genouillés internes vont à la capsule interne, qu'elles traversent transversalement, et se rendent, en deux faisceaux séparés, aux *gyri transversi* du *lobe temporal*.

(2) RETZIUS a signalé les rapports anatomiques de l'insula postérieure (*lobulus insulae posterior*) avec les *gyri transversi* de HESCHL, du *gyrus transversus primus* en particulier, où s'irradient les fibres des nerfs acoustiques.

d'oreille, avec lésions en foyer unilatérales, il existait géalement une lésion de ces circonvolutions, ou de leur couronne rayonnante, ou des fibres qui vont de cette région dans la capsule interne.

Outre les fibres afférentes, sensorielles, de la *sphère auditive,* des faisceaux efférents, purement moteurs, partent, sans aucun doute, soit de la *sphère auditive,* soit de son entourage immédiat, et, par les faisceaux externes du pied du pédoncule cérébral (*faisceau de* TÜRCK (MEYNERT), *voie temporo-protubérantielle* de FLECHSIG), unissent cette région du *lobe temporal* avec les noyaux gris de la *protubérance* (1). Une petite portion de ce faisceau semble toutefois demeurer constamment intacte, alors même que la *sphère auditive* est complètement détruite. FLECHSIG ne peut encore dire quelle est l'origine de ces dernières fibres du pied du pédoncule cérébral. Quant au *gyrus angularis,* il n'envoie aucune fibre dans ce faisceau, car, dans les dégénérescences anciennes et totales de ce gyrus, le faisceau en question ne présente point de dégénération. A la région limitrophe du *pulvinar* et du *noyau interne* de la *couche optique* parviennent des fibres parties de la sphère auditive : il pourrait donc exister là une seconde voie corticofugale (FLECHSIG).

La pathologie humaine peut apporter à l'appui de l'existence véritable et du siège ainsi nettement circonscrit de cette localisation cérébrale quatre ordres d'observations : 1. Les cas où, en suite d'affections unilatérales de cette région de l'écorce, apparaissent des phénomènes d'excitation acoustique, et sans doute aussi de dureté passagère de l'audition de l'oreille opposée à l'affection. 2. Les cas où une destruction bilatérale des deux sphères auditives a entraîné une surdité permanente. 3. Les faits qui se rapportent à la localisation de la surdité verbale. 4. Les observations d'atrophie de ces circonvolutions dans les cas de surdité congénitale, et en particulier dans la surdi-mutité. « Il est bien établi que le centre sensoriel du langage est dans la portion postérieure de la première (et aussi de la seconde) circonvolution temporale du côté gauche

(1) De la région de la *sphère auditive* sort un faisceau de la couronne rayonnante que j'ai désigné, dit FLECHSIG, du nom de *voie temporo-protubérantielle de l'écorce cérébrale (temporale Gehirnrinden-Brückenbahn),* car ce faisceau va, sans interruption, de l'écorce cérébrale du lobe temporal à la protubérance annulaire en passant par le pied du pédoncule cérébral, dont il forme le quart externe. Le territoire d'origine de ce faisceau n'a pu être encore exactement circonscrit par FLECHSIG ; la plupart de ses fibres peuvent être suivies jusque dans T_1. Il s'agit sans doute d'une *voie motrice* qui sort des grandes cellules pyramidales de la *sphère auditive* et qui transmet les états d'excitation fonctionnelle de cette région sensorielle aux *appareils moteurs des oreilles,* aux *rotateurs* de la *tête* et du *tronc.* La sphère sensitive peut être en connexion aussi avec le *noyau lenticulaire* par l'intermédiaire des fibres qui vont à la *substantia innominata.* Les fibres allant au *thalamus* sont fort peu nombreuses (FLECHSIG).

(Wernicke, etc.) (1) ». La couronne rayonnante du *lobe temporal gauche* renferme des faisceaux d'association qui associent le centre verbal des mots avec les *centres optiques*. « Il ressort de ce qui vient d'être dit, que les fonctions de portions considérables du lobe temporal nous sont inconnues. Cela s'accorde avec le fait que de grandes parties de ce lobe peuvent être détruites sans que ces lésions de déficit se manifestent d'ordinaire par des symptômes de lésions en foyer. En fait un grand nombre de cas ont été observés où des tumeurs siégeaient sur le lobe temporal sans qu'aucun phénomène indiquât cette localisation. Naturellement il s'agissait le plus souvent alors de tumeurs du lobe temporal droit. » Parmi les symptômes de lésions en foyer capables de faire penser à une affection du lobe temporal, ceux de l'aphasie sont les plus fréquents. La prédominance des troubles de l'élément sensoriel dans la fonction du langage indique l'origine du mal, et Wernicke, Kahler, Sommer, Bruns, etc. ne s'y sont point trompés. Dans les cas de cette sorte, l'*aphasie* était le plus souvent accompagnée d'*alexie* ou de *paralexie* et d'*agraphie*. On conçoit que les néoplasmes des territoires corticaux voisins, ceux du lobe pariétal, de l'insula, de l'opercule frontal, voire du lobe frontal, peuvent agir à distance sur le lobe temporal et provoquer les symptômes d'*aphasie sensorielle* et d'*aphasie amnésique*. Au point de vue du diagnostic topographique de la lésion, ce qui importe ici c'est bien moins le symptôme en lui-même que le mode et l'époque de sa production rapprochés des autres symptômes.

Oppenheim cite comme « très étrange » le fait que la *surdité verbale* ait été observée dans quelques cas où une tumeur s'était développée dans le lobe temporal *droit*. Dans l'un de ces cas, qu'il a observé, la malade, une femme de 59 ans, après avoir souffert longtemps de céphalalgie, fut à la fois frappée d'hémiparésie *gauche* et de *surdité verbale* ; celle-ci était accompagnée de *paraphasie, alexie* et *agraphie*. Plus tard une hémianopsie et une hémihypesthésie *gauche* s'associèrent à ces troubles. On trouva une tumeur qui, partant du thalamus opticus *droit*, s'était étendue jusque dans la « substance blanche » du lobe temporal *droit*. Ce phénomène paradoxal d'une aphasie relevant d'une tumeur de la couche optique et du lobe temporal droit pouvait être rapporté à la gaucherie de la malade. Mais cette gaucherie n'était pas congénitale ; ce n'est qu'après une blessure de la main droite, à l'âge de 17 ans, que la malade, devenue gauchère, avait dû apprendre à se servir de la main gauche pour tous les usages de la vie. On peut rapprocher entre autres de cette observation

---

(1) H. Oppenheim. *Die Geschwülste des Gehirns* (Wien, 1896), p. 91.

celle où aucune aphasie n'existait chez un gaucher congénital dont le lobe temporal gauche était complètement envahi par une tumeur.

La surdité n'a jamais été observée jusqu'ici comme symptôme de lésion en foyer dans les tumeurs *unilatérales* du lobe temporal. WERNICKE et FRIEDLÄNDER ont rapporté un cas intéressant d'*aphasie sensorielle* et de *surdité* dues à un néoplasme des deux lobes temporaux (lobe temporal g. et lobe temporo-pariétal dr.).

Les *phénomènes d'excitation* dont le centre de l'audition peut être le théâtre dans les cas de néoplasmes du lobe frontal sont surtout des convulsions unilatérales qui débutent par une *aura* auditive localisée par le malade dans l'oreille opposée (GOWERS, BENNET, WILSON). OPPENHEIM ne croit pourtant pas que des bruits subjectifs et même des hallucinations de l'ouïe puissent servir sans plus à un diagnostic local. L'hémianopsie du côté opposé est, on le conçoit, une complication fréquente des tumeurs du lobe temporal. De même, un néoplasme développé dans la substance blanche de ce lobe pourra déterminer une hémianesthésie et une hémiparésie. S'il comprime l'écorce de la zone motrice, des phénomènes d'excitation ou de paralysie pourront apparaître dans les domaines du facial, de l'hypoglosse et du bras.

Quoiqu'il existe un certain nombre d'observations cliniques où des lésions, surtout des néoplasmes, du *gyrus uncinatus* étaient accompagnées d'hallucinations de l'*odorat*, entre autres symptômes (H. JACKSON et BEEVOR, Mc LANE HAMILTON, ANDERSON, etc.), OPPENHEIM ne considère cependant pas cette localisation comme certaine. Seul, le cas de H. JACKSON lui semble probant : dans les autres les *nerfs olfactifs* étaient directement lésés. Chez le malade de JACKSON et BEEVOR, âgé de 53 ans, où un néoplasme occupait l'extrémité antérieure du lobe temporal, des convulsions étaient précédées d'une aura consistant dans la perception d'odeurs abominables. OPPENHEIM a trouvé une tumeur du lobe pariétal droit s'étendant jusqu'au lobe temporal chez une malade dont des illusions et des hallucinations de l'*odorat* et du goût avaient servi de fondement à des idées délirantes. Mais ces faits ne suffisent pas, suivant ce savant clinicien, pour la détermination du centre cortical de l'olfaction.

En résumé, seule, l'*aphasie sensorielle*, avec ses phénomènes d'accompagnement, demeure donc le plus sûr et le principal symptôme des lésions en foyer des *lobes temporaux*, des tumeurs de ces lobes en particulier. On peut admettre qu'une attaque convulsive que précède une *aura auditive*, implique une participation du lobe temporal. Une *surdité unilatérale* n'autorise point à localiser l'affection dans le lobe temporal opposé. L'*hémianopsie* peut résulter de la compression exercée par une tumeur du lobe temporal sur les radiations optiques. La valeur du diagnostic local des

troubles de l'*olfaction,* en particulier des hallucinations de ce sens et des convulsions précédées d'auras olfactives, demeure encore douteuse; celles-ci pourraient être provoquées par des néoplasmes du *gyrus fornicatus* ou du *gyrus uncinatus*. L'*hémianesthésie* et l'*hémiparésie* sont des phénomènes qui se montrent assez fréquemment au cours des affections néoplasiques du lobe temporal : elles résultent d'ordinaire d'une lésion des faisceaux sensitifs et moteurs, mais elles peuvent aussi être d'origine corticale, si l'action à distance s'exerce sur les circonvolutions pariétales et centrales.

Le *nerf vestibulaire* soutient-il des rapports avec la *sphère auditive?* C'est ce que PAUL FLECHSIG ne saurait affirmer. On ne peut suivre sûrement ses prolongements avec l'écorce que dans le ruban de REIL et les pédoncules cérébelleux supérieurs, qui sont en connexion avec le thalamus. Or, les fibres qui vont, en petit nombre, du *thalamus* à la sphère auditive (*Hörsphäre*), pourraient à la rigueur réaliser les conditions de ces rapports du nerf vestibulaire avec le centre cortical de l'audition. Mais on n'a point constaté de connexions directes. Si le nerf vestibulaire ne se distribue pas dans cette région du cerveau, il faut admettre ailleurs, écrit FLECHSIG, l'existence d'un autre territoire cortical d'irradiation de ses fibres. Où doit-on le chercher? Dans le *gyrus hippocampi?* Dans les parties antérieures de la *sphère sensitive du corps* (*Körperfühlsphäre*)? Le nerf des canaux semi-circulaires suit le même trajet que la plupart des *racines* de la *moelle allongée*; on serait donc autorisé à chercher sa terminaison corticale dans le *pallium* de la sphère sensitive ou tactile du corps. Comme, d'après HELD, non seulement le *trijumeau,* mais aussi le *nerf vestibulaire,* envoient des fibres dans le faisceau longitudinal postérieur, dont des parties pénètrent dans le groupe nucléaire ventro-latéral du *thalamus,* FLECHSIG voit ici comme l'indication d'une voie corticopétale du *n. vestibularis.* Des faisceaux plus considérables de ce nerf passent dans la *formatio reticularis,* avec des fibres centrales du trijumeau, du glosso-pharyngien, etc., non loin du plancher de la fosse rhomboïdale : on les peut suivre en partie jusque dans le ruban de REIL (*Fussschleife*) et le noyau lenticulaire. « Très vraisemblablement, tant les *nerfs des canaux semi-circulaires* que les *nerfs du goût* sont en rapport avec la *sphère sensitive* ou *tactile du corps* ».

L'*acoustique* contient toujours un certain nombre de fibres destinées au *vestibule* et d'autres à la *cochlée*. Les premières, qui innervent le *labyrinthe,* possèdent une importance capitale pour le maintien de l'équilibre. Les recherches d'EWALD ont montré que toute oscillation du liquide labyrinthique produit, par l'intermédiaire de ce nerf, des troubles de l'équilibre, et qu'au *nerf vestibulaire* incombe la fonction spéciale de la conservation ou du maintien du tonus musculaire du corps tout entier. Chez les

poissons, le limaçon est à peine développé ; il n'atteint que chez les *oiseaux* un certain développement : il en résulte que la plus grande partie des fibres du nerf acoustique vont au labyrinthe et aux saccules. Chez les *mammifères* seulement le faisceau destiné à la *cochlée* commence à devenir

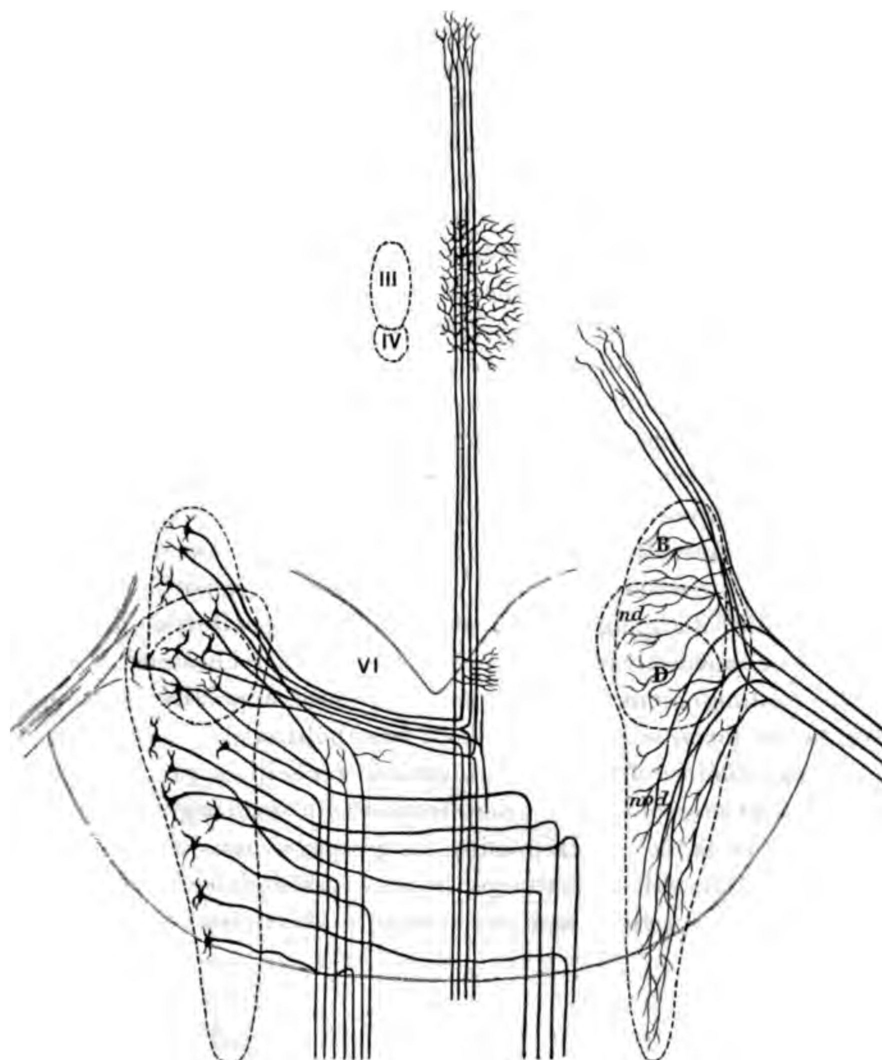


FIG. 27. — Schéma des voies primaires et secondaires du nerf vestibulaire.

D, noyau de DEITERS. *B*, noyau de BECHTEREW. *nd*, noyau dorsal. *nvd*, noyau vestibulaire descendant. — III, IV, VI, noyaux oculo-moteurs.

considérable. Les deux noyaux de l'acoustique appelés *noyau principal de l'acoustique* et *noyau acoustico-cérébellaire*, sont reliés par de nombreux faisceaux au cervelet, en particulier avec deux noyaux ronds situés

immédiatement au-dessus du toit du ventricule, — les noyaux du toit du cervelet, où a lieu un entre-croisement considérable de fibres. Mais quelques fibres du cervelet passent aussi directement dans le nerf acoustique, constituant la *voie cérébelleuse directe sensible*. Chez les *reptiles*, outre ces deux noyaux de l'acoustique, d'autres apparaissent, qui ne sont qu'indiqués chez les *poissons* et chez les *amphibies* : ces noyaux forment une masse assez forte située latéralement au *noyau principal* de l'acoustique et composée surtout de grosses cellules. On distingue très bien ces noyaux chez les *oiseaux* et chez les *mammifères*; ils prennent dans ceux-ci le nom de *noyau ventral* et de *tuberculum acusticum*; ils sont plus gros que le *noyau principal*, dominant chez les vertébrés inférieurs. Ce dernier s'appelle *noyau dorsal* (*nucleus dorsalis*) chez les mammifères. Les stations terminales des nerfs acoustiques ne sont pas uniquement reliées avec le cervelet. Un certain nombre de connexions existent avec d'autres parties de l'encéphale : la région tout entière de la moelle allongée, qui reçoit latéralement les nerfs acoustiques, est traversée de faisceaux et semée de noyaux qui, directement ou par l'entremise de collatérales, sont en rapport avec le nerf de la VIII[e] paire (1).

Le protoneurone sensitif *vestibulaire* a sa cellule d'origine dans le ganglion de SCARPA (HIS, RETZIUS, LENHOSSEK, KÖLLIKER, HELD, CAJAL), cellule bipolaire comme la cellule du protoneurone sensitif du tégument cutané, cellule du ganglion spinal, comme les cellules olfactives et rétiniennes comparables à celles des ganglions rachidiens et céphaliques. Le prolongement périphérique des cellules bipolaires du ganglion de SCARPA se termine librement dans l'épithélium des crêtes auditives des canaux semi-circulaires. L'excitation recueillie par les cellules épithéliales et transmise aux ramifications du prolongement « protoplasmique » de la cellule bipolaire, se propage par le prolongement central ou cylindraxile constituant le nerf vestibulaire. Les fibres du *nervus vestibuli*, en pénétrant dans la moelle allongée, se bifurquent (2),

---

(1) L. EDINGER. *Vorlesungen üb. den Bau der nervösen Centralorgane des Menschen u. der. Thiere*. 5[te] Aufl., 1896, 86. Cf. ce qui est dit des deux longues *fibres de* MAUTHNER *(tractus acustico-spinales)* nées dans la moelle allongée au niveau de l'acoustique et de ce qu EDINGER appelle le centre général de la *statique* du corps *(Centrum für die gesammte Körperstatik)*.

(2) KÖLLIKER, rappelant les bifurcations des axones du *nervus vestibuli*, ainsi que les nombreuses collatérales qu'ils émettent, comme le *nervus cochleae*, note que les fibres du premier de ces nerfs sont plus épaisses et se myélinisent plus tôt que celles du second chez l'embryon. *Handb. der Gewebelehre d. Menschen*. 6[te] Aufl., 1896, II, 256.

L'histologie des noyaux où se terminent les protoneurones sensitifs du nerf vestibulaire — les noyaux de DEITERS, de BECHTEREW, le *nucleus dorsalis*, diffère essentiellement, dit KÖLLIKER, du noyau où se termine le nerf cochléaire, le *nucleus ventralis*. Les arborisations cylindraxiles y sont

comme celles du *nervus cochleae*, en une *branche ascendante* et une *branche descendante*, branches dont les collatérales se terminent dans les noyaux d'origine des axones de la voie vestibulaire de second ordre. Ces noyaux sont le *noyau de* DEITERS, le *noyau de* BECHTEREW, le *noyau dorsal* et le *noyau descendant*. Les ramifications terminales de la branche ascendante s'arborisent aussi dans le *noyau du toit du cervelet* (*nucleus tegmenti*). Elles forment le faisceau *acoustico-cérébelleux* de CAJAL. Entre les fibres de ce faisceau on trouve encore des amas de cellules nerveuses auxquels CAJAL a donné le nom de *noyau cérébello-acoustique*. Les noyaux de DEITERS et de BECHTEREW reçoivent surtout des collatérales de la branche ascendante, le noyau dorsal des collatérales de la branche descendante. Telles sont les « racines » ascendantes et descendantes du nerf vestibulaire. Les *voies secondaires du nerf vestibulaire*, prolongements des cellules constitutives de ces noyaux, sont celles du *faisceau longitudinal postérieur* et celle de la *voie latérale descendante*. La troisième voie serait celle qui, du noyau du toit, se terminerait dans l'écorce du cervelet (CAJAL). Des noyaux de BECHTEREW et de DEITERS sortent des axones qui, après avoir traversé le raphé et s'y être entrecroisés avec les fibres du côté opposé passent en se dichotomisant dans le faisceau longitudinal postérieur, constituant un des principaux éléments de ce faisceau. Cette voie, qui n'est proprement ni ascendante, ni descendante, est plutôt une voie longitudinale d'association; les axones qui la composent sortent en effet de neurones d'origine variée, neurones de second ordre et de troisième ordre, et les collatérales de ces axones se distribuent aux noyaux moteurs. C'est ainsi que les fibres provenant du noyau de DEITERS envoient de nombreuses collatérales aux noyaux oculo-moteurs des IIIe, IVe et VIe paires. L'influence du *faisceau longitudinal postérieur* sur les mouvements des yeux a été admise sans conteste par tous les anatomistes. C'est ainsi que, d'après HANS HELD, les réflexes oculo-moteurs en réponse aux excitations visuelles ont pour substratum des neurones synergiquement associés à des prolongements nerveux de la voie centrale de l'acoustique dans le faisceau longitudinal postérieur.

Les axones sortis du noyau dorsal et du noyau descendant se coudent

---

bien moins touffues. C'est que tous les noyaux de terminaison du nerf vestibulaire ont une tout autre structure interne. Alors que, dans le *ganglion ventral* du nerf cochléaire, les cellules sont pressées comme dans un ganglion spinal, elles sont séparées par de grands espaces dans les noyaux de DEITERS et de BECHTEREW, si riches cependant en cellules *volumineuses*. Aussi, quand même les arborisations ultimes des fibres du *nervus vestibularis* seraient aussi abondantes et fines que celles du *nervus cochleae*, l'aspect devrait être différent. Or, ce n'est point le cas. On s'explique ainsi que, sur les préparations au GOLGI et au WEIGERT, ces noyaux paraissent si clairs.

pour la plus grande part à peu près au niveau du noyau de l'oculo-moteur externe et prennent une direction descendante, tandis que d'autres se bifurquent en une branche ascendante et en une branche descendante. Ces fibres s'entrecroisent en grande partie sur la ligne médiane et descendent du côté opposé. Des axones du noyau de DEITERS se mêlent à cette voie. Le mode de terminaison dans la moelle de la voie latérale descendante n'est pas connu. Comme toutes les voies descendantes, elle doit, soit directement par ses collatérales, soit indirectement par l'intermédiaire d'autres neurones intercalés, exercer son action sur les neurones moteurs de la moelle cervicale et peut-être dorsale.

Ces voies secondaires du *nervus vestibularis* doivent donc être tenues pour des voies courtes, sensitivo-motrices, transmettant le courant nerveux non à des centres dont les fibres conduisent vers le cerveau ni à des ganglions en rapport avec les fonctions de la sensibilité, mais à des noyaux moteurs d'où partent des voies motrices périphériques.

Il résulte de cette vue d'ensemble sur l'origine, le trajet, les connexions et les terminaisons du nerf vestibulaire, que la voie centrale de ce nerf forme un parfait contraste avec celle du nerf cochléaire. Celle-ci, on l'a montré, soit par le corps trapézoïde, dont les fibres sortent du noyau ventral du *nervus cochleae,* soit par les stries acoustiques, issues du *tuberculum acusticum,* se continue de proche en proche en une chaîne de neurones associés qu'on suit jusqu'aux tubercules quadrijumeaux, aux corps genouillés internes et à l'écorce du télencéphale. Les canaux semi-circulaires seraient donc des sources d'excitation agissant par voie réflexe sur la position des yeux, de la tête et du tronc, et l'anatomie confirmerait les résultats connus de l'expérimentation dans ce domaine de la science depuis ROLANDO et FLOURENS. LUGARO qui a repris l'étude des fonctions des canaux semi-circulaires dans un travail dont nous adoptons les conclusions (1), soutient que la disposition de l'organe périphérique du nerf vestibulaire correspond aux conditions nécessaires pour la perception de la direction des sons, et que, du fait de l'absence de voies longues cérébrales, les excitations de ce nerf se trouvent limitées à une sphère d'action qui, loin d'arriver directement à la conscience comme les excitations du nerf cochléaire, ne détermine que des coordinations inconscientes de mouvements. La direction différente des sons, c'est-à-dire des ébranlements de l'atmosphère, du milieu, de l'air ou de l'eau,

(1) E. LUGARO. *Sulle Funzioni dei canali semicircolari.* Riv. d. pathol. nerv. e ment., 1897. II, 440 sq. Cf. III, 1898, 306 sq., la réponse de LUGARO à la note de D. CARAZZI, publiée dans le même Recueil (1898).

influe bien, par voie réflexe, sur les mouvements correspondants des yeux, de la tête et du tronc; elle sert bien à attirer l'attention, toujours indirectement, sur la source des sons, mais, encore une fois, si la tête et les yeux s'orientent dans l'espace d'une manière qui correspond à la direction des excitations périphériques du nerf vestibulaire, c'est d'une façon inconsciente, et ce n'est qu'indirectement, par la perception de ces mouvements réflexes ou de leurs résidus dans l'écorce du télencéphale, que la conscience a connaissance de ces mouvements des yeux et de la tête et interprète leur cause. Comme Lugaro, au lieu de parler des ébranlements de l'atmosphère, se propageant sous forme d'ondes dans l'air ou dans l'eau, que l'on appelle « sonores » quand ils sont perçus par un organe différencié pour ce genre de sensation, tel que le limaçon, parle de « fonctions auditives des canaux semi-circulaires », on a élevé contre sa théorie des objections tirées de l'état des organes et des fonctions de l' « audition » chez les Vertébrés inférieurs, pour ne rien dire des Invertébrés. Il est certain pour nous que le *nervus cochleae* sert seul à l'audition; c'est sa fonction propre et spéciale (1). Mais les mouvements provoqués par voie réflexe, du fait des excitations labyrinthiques des canaux semi-circulaires, s'expliquent suffisamment, nous le répétons, par la direction et la vitesse des ébranlements du milieu plus ou moins dense de l'air ou de l'eau.

Quant à l'objection tirée de l'existence d'*un sens spécial de l'espace*, d'*un sens de l'équilibre* et de l'*orientation*, sens dont les canaux semi-circulaires seraient l'organe, elle tombe d'elle-même.

« Personne n'a jamais nié l'existence d'un sens de l'équilibre dans l'acception large du mot, mais il y a loin de cette façon de s'exprimer à l'existence d'un *sens spécifique* de l'équilibre. La fonction de l'équilibre, loin d'être un sens, est une fonction de relation, où l'on distingue une phase sensitive, une phase de réflexion et une phase d'activité musculaire. Or, pour ce qui a trait à la première phase, on ne connaît pas, comme pour un sens spécifique, une catégorie déterminée de *stimuli* qui lui soient propres, agissant sur des organes périphériques spécifiques et y provoquant des sensations spécifiques ; on n'y surprend qu'une masse de sensations variées, appartenant aux autres sens, qui acquièrent, par leur groupement spécial, un rapport et une importance définis pour la position du corps relativement à l'action de la pesanteur et provoquent en réponse des réactions musculaires adéquates. » Quelles sont ces sensations régulatrices de la fonction de l'équilibre? Quand le corps est en équilibre, l'action de la pesanteur détermine sur les deux moitiés du corps des impressions égales ; l'équilibre est-il troublé, les sensations tactiles et de pression des organes d'appui varient subitement d'un côté à l'autre, en même temps que les sensations de poids des parties molles et la direction des tensions qu'exerçait ce poids, etc. La perception

(1) V. Kölliker. *Handb. der Gewebelehre*. 6[te] Aufl., 1896, II, 258.

visuelle de la position occupée par le corps relativement au milieu varie également. La somme de ces sensations provoque la somme des réactions motrices nécessaires pour compenser ces déplacements, et les sensations musculaires qui se produisent alors sont un nouveau coefficient de sensations concourant à la conservation de l'équilibre. La position du corps subissant d'incessantes variations, et l'équilibre étant sans cesse compromis, un courant continu de sensations renseigne l'organisme sur ce déséquilibre, et un flux également continu de réactions motrices tend au rétablissement de l'équilibre compromis. Mais des différents ordres de sensations qui contribuent au maintien de l'équilibre, pas un n'est indispensable et il n'est pas non plus nécessaire qu'ils y concourent tous. Sans la vue, l'équilibre se maintient ; avec la vue, l'équilibre peut être maintenu même lorsqu'il existe des troubles profonds de la sensibilité tactile et musculaire : un tabitique, sans avoir jamais présenté le moindre symptôme du côté de l'appareil auditif (vertige, bruits, bourdonnements, etc.), peut présenter le signe de Romberg de la façon la plus nette. Quoi de plus décisif contre l'hypothèse d'un *sens spécifique* de l'équilibre ?

De même pour la *fonction spatiale*, pour le *sens* et les *sensations de l'espace* qu'on a rapportés, comme à leur organe périphérique, aux canaux semi-circulaires. C'est avec toute raison que Lugaro demande à quel stimulus, à quelle forme de l'énergie correspondraient des sensations spécifiques de cette nature. Il ajoute, il est vrai, ceci : « les sensations visuelles correspondent à la lumière, les auditives au son, les thermiques à la chaleur, etc. ». Mais, sans relever ce qui est dit ici de la lumière et de la chaleur, il perpétue l'équivoque qui a égaré ses critiques, en parlant du « son » comme d'un stimulus adéquat de l'audition et de la prétendue « fonction auditive » des canaux, car il n'y a que des ondes se propageant avec des vitesses et des directions différentes dans l'air ou dans l'eau ; il n'y a pas d'ondes « sonores » au dehors de nous. Il a rappelé d'ailleurs en excellents termes la genèse de la *notion d'espace* : « cette notion résulte d'une élaboration continue et coordonnée des rapports existant entre les sensations de toute nature reçues par l'individu pendant la durée de sa vie et transmise héréditairement, sous forme de prédisposition, dans la structure des centres nerveux, sorte d'empreinte organique des expériences réalisées phylogéniquement depuis l'origine de la vie. » Il n'existe pas plus de « sens de l'espace » que de « sens moral ». L'organe de l'audition proprement dit, la cochlée, dont la fonction a eu d'ailleurs des commencements et une évolution comme tous les organes des sens, qui ont été de l'homogène à l'hétérogène, n'a eu qu'une part assez minime à la formation de la notion d'espace. Les sensations tactiles, musculaires, articulaires, et surtout celles de la vue, voilà les éléments les plus importants de cette notion, et par conséquent de celle de la situation du corps et de ses rapports avec les objets extérieurs. « Au lieu de nous donner une représentation immédiate de l'espace, comme le veut Cyon, les sensations labyrinthiques ne donnent que d'une manière *indirecte* la représentation de la direction du son ». En somme, les canaux semi-circulaires seraient, pour Lugaro, « un appareil auditif provoquant, *par voie réflexe*, les mouvements des *yeux*, de la *tête* et du *tronc* en rapport avec la direction du son et destinés à diriger l'attention des sens (*l'attenzione sensoriale*) vers la source sonore ».

La *voie cérébelleuse directe*, issue des neurones du toit du cervelet (*nucleus tegmenti*), où s'arborisent les ramifications ultimes du protoneurone vestibulaire, doit servir à réaliser, par les voies réflexes du *cervelet*, des états de tension et de variation du tonus musculaire, c'est-à-dire des mouvements propres à conserver et à maintenir l'équilibre du

corps dans tous les cas où les mouvements d'adaptation, volontaires ou réflexes, de la tête ou du tronc, seraient de nature à compromettre cet équilibre.

Au cours des dix dernières années d'intéressantes recherches ont établi les rapports de l'*oreille interne* et des *mouvements du corps*. Ewald a particulièrement étudié les étroites relations qui relient la physiologie du labyrinthe à la physiologie du cerveau.

Après l'ablation complète d'un labyrinthe, le chien présente deux ordres de troubles différents, des troubles de l'*ouïe* et des troubles de la *motilité*. Ces derniers disparaissent, après quelques semaines, en ne laissant que quelques traces qu'un examen spécial peut seul déceler. Mêmes phénomènes après l'ablation du second labyrinthe, quoique les symptômes soient alors plus accusés : le chien peut se tenir debout; mais la marche est incertaine et maladroite ; il tombe presque à chaque pas; naturellement il ne peut plus ni courir, ni sauter. Toutefois les troubles s'amendent encore une fois presque complètement après cette seconde opération. Que quelques mois passent, et l'animal courra et sautera sans que rien le distingue essentiellement d'un chien normal. Les mouvements isolés seront aussi redevenus possibles avec les pattes : il écartera de sa tête un bandeau, présentera une patte au commandement, etc. Ewald pratique alors une troisième opération : il enlève la *zone excitable du cerveau des extrémités antérieure et postérieure du côté opposé du corps*. Les troubles consécutifs ne sont pas très frappants, et l'animal ne se comporte point en apparence autrement qu'un chien normal qui n'aurait subi que cette dernière opération. Après quelques semaines, le chien est de nouveau en état de marcher, courir, sauter, voire d'exécuter certaines actions avec une seule patte. On peut dire qu'après cette troisième opération l'animal a, encore une fois, récupéré, avec ses aptitudes locomotrices, la faculté d'exécuter des mouvements appris, à peu près comme un chien normal; ajoutez qu'il marche et court aussi bien dans l'obscurité qu'à la lumière. Enfin, quelques semaines après, Ewald pratique la quatrième et dernière opération : l'ablation de la *zone excitable des extrémités antérieure et postérieure de l'autre côté du corps*.

Alors éclatent des troubles considérables, « troubles dont on peut difficilement se faire une idée quant à la gravité des manifestations, et comme je n'en ai vu, témoigne Ewald, après aucune autre opération (1) ».

---

(1) J. Rich. Ewald. *Ueber die Beziehungen zwischen der excitabeln Zone des Grosshirns u. dem Ohrlabyrinth*. Vortrag... 68 Versammlung deutscher Naturf. u. Aerzte in Fankf. a. M. Berliner klin. Wochenschr., 19 oct. 1896.

Le chien ne peut plus maintenant ni sauter ni courir ni marcher; il ne peut plus se tenir debout, pas même rester couché sur l'abdomen et la poitrine; il gît sur l'un ou l'autre côté du corps et, des extrémités, fait les plus violents mouvements sans pouvoir se relever de cette position. Mais, circonstance très importante, la tête de l'animal n'est pas affectée dans ses mouvements comme le sont les extrémités : le chien suit de la tête la nourriture qu'on lui présente, il tourne la tête du côté de la personne qui éveille son attention; après quelques jours, on peut même observer qu'il se sert de sa tête pour essayer de changer sa position latérale : il appuie le museau contre le sol, et, en courbant la nuque et la colonne vertébrale, il réussit à soulever un peu du sol son tronc; il se sert de la tête comme il se servirait d'une extrémité. Ewald insiste avec raison sur ce fait, bien constaté, de la conservation des mouvements normaux de la tête, car il démontre qu'on ne saurait expliquer les troubles de motilité existant par ailleurs à une perte de la motilité ou des sensations motrices normales de la tête.

Outre les troubles moteurs signalés chez ce chien, il faut noter ceux de la vision. Les mouvements ne sont plus comme auparavant exécutés également bien à la lumière ou dans l'obscurité : dans le premier cas, le chien réapprend peu à peu à exécuter avec les extrémités certains mouvements réflexes : se tenir sur le ventre, se dresser, marcher, courir. Mais tous les mouvements des membres qu'on ne peut considérer comme purement réflexes, lui font, et pour toujours, complètement défaut; il ne tend plus la patte, il ne s'en sert plus comme de main, etc. En outre, si ce chien qui, à la lumière, peut encore se tenir debout, marcher, courir, est porté dans une chambre où l'on peut faire une nuit subite, on se persuade que la régulation de ses mouvements dépendait de l'activité des organes de la vue. Au jour, il allait et venait comme un chien normal en apparence; la lumière disparue, il s'affaisse sur le sol et est aussi incapable de se redresser qu'après la dernière opération : étendu sur le côté, il s'agite des quatre extrémités pour se remettre sur pied; en vain; non pas même en se servant de sa tête comme de point d'appui. Dès qu'on fait reparaître la lumière, le chien se relève aussitôt et court çà et là, pour retomber encore sur le sol et s'y débattre vainement lorsque l'obscurité recommence.

Ces expériences, comme le fait remarquer Ewald, confirment les idées qui servent de base à la théorie du tabes de Leyden. L'influence de la vue sur l'apprentissage nouveau des mouvements résulte bien de ces observations. Dans l'obscurité, le chien ne récupère pas même l'usage des mouvements réflexes les plus simples de ses extrémités. Un chien, très intelligent et très vif, abandonné ainsi, durant trois semaines, dans l'obscurité, n'avait même pu réapprendre à se tenir sur le ventre et sur la

poitrine, bien loin de pouvoir rester assis ou debout. Et cependant la faculté de réapprendre à exécuter ces mouvements n'était pas perdue, car, porté dans un espace éclairé, ce chien apprit bientôt à se tenir debout, à marcher, à courir même.

De ces expériences ressort encore, selon Ewald, une conception nouvelle des fonctions de la zone excitable du cerveau. Le rôle physiologique de ce territoire cortical n'est apparu avec évidence que lorsque l'extirpation bilatérale de la zone dite motrice avait été précédée de l'ablation des deux labyrinthes. Quels sont les rapports du labyrinthe et de l'écorce cérébrale capables d'expliquer ces phénomènes ? « Le huitième nerf crânien, ou *nervus acusticus*, écrit Ewald, a été ainsi nommé parce qu'on admettait, à l'origine, qu'il était exclusivement un nerf de l'ouïe. Cette hypothèse a subi naturellement les effets du progrès de nos connaissances à cet égard. Dans les troubles moteurs consécutifs à la lésion du labyrinthe, que Flourens observa le premier, Goltz n'hésita pas à reconnaître une lésion de déficit d'un organe spécial des sens. Mes propres recherches ont confirmé l'existence de ce nouvel organe, et aussi la théorie de son fonctionnement, qu'on doit surtout à Breuer. Dans les canaux semi-circulaires les mouvements de l'endolymphe déterminent les excitations nerveuses. Les appareils otolithiques semblent fonctionner de même. Le VIIIe nerf possède ainsi des fonctions acoustiques et non acoustiques. Aujourd'hui il n'est pas encore possible de séparer complètement, soit physiologiquement, soit histologiquement, ces deux fonctions. Encore que le *nervus acusticus* se divise en un *nerf vestibulaire* et en un *nerf cochléaire*, tout ce qu'on peut soutenir, c'est que le dernier possède *surtout* des fonctions acoustiques, et le premier des fonctions *surtout* non acoustiques. Il vaut donc mieux dire *nerf de la VIIIe paire*. »

Ce qui suit la destruction des canaux semi-circulaires (l'organe des sens de Goltz) et des otolithes, bref, l'ablation des labyrinthes, suffit-il pour expliquer les troubles consécutifs ? Ewald ne le croit pas ; ses expériences lui ont montré des troubles de tout autre nature ; ceux-ci affectent toute la musculature striée et se manifestent par ces trois symptômes : 1° *La force musculaire diminue* absolument. Ainsi, à Naples, Ewald a vu que, alors que les efforts de quatre hommes de mer étaient nécessaires pour maintenir un squale, les muscles, après la section des deux nerfs de la huitième paire, furent si affaiblis, qu'une main suffisait désormais pour obtenir le même effet. Cet affaiblissement de la musculature ne se montra pas après l'ablation de grandes portions du cervelet, opération pourtant beaucoup plus grave. 2° *La précision nécessaire des mouvements fait défaut.* On la constate dans le saut, le vol, les mouvements rapides des yeux, etc. 3° *Perte du sens musculaire.* L'animal, par exemple, demeure à peu près

indifférent à l'attitude qu'on imprime à ses membres. Voici comment Ewald explique cette altération du sens musculaire. Il existe, dans le labyrinthe, des cellules tout à fait semblables aux cellules vibratiles; on le voit sur des préparations fraîches. Le mouvement vibratoire, constant, de ces cellules, déterminerait des excitations, également constantes, dans les parties du système nerveux qui innervent les muscles, de façon à produire dans ceux-ci un *tonus labyrinthique* (*Labyrinthtonus*). « La musculature privée du tonus labyrinthique est anormale, et ce défaut se traduit par la *perte du sens musculaire* (*Muskelgefühl*), ainsi que par la diminution de la *force* et de la *précision des mouvements.* » Au contraire, le renforcement du *tonus labyrinthique* détermine la contraction, et la fonction de l'organe des sens de Goltz et celle des otolithes reposent précisément sur la faculté d'augmenter ou de diminuer, c'est-à-dire de *modérer le tonus labyrinthique* dans certains groupes musculaires en suite des mouvements de la tête. » Voilà comment le labyrinthe agirait sur les muscles striés.

Ewald a pu constater que, dans la série des vertébrés, la perte du *tonus labyrinthique* est, après un temps plus ou moins long, d'autant mieux compensée que l'animal est plus élevé. La grenouille à qui l'on a enlevé les deux labyrinthes, et dont les troubles de motilité accusent nettement la perte du *tonus labyrinthique,* demeure toute la vie dans le même état. Mais, chez le pigeon, les troubles consécutifs à la dernière opération s'amendent peu à peu, et ce qui en persiste diffère notablement des altérations primitives du mouvement. Ainsi les troubles moteurs ne sont pas moins intenses, à l'origine, chez les vertébrés supérieurs; plus l'espèce est élevée, plus ils sont violents. Seulement, peu après l'opération, ils rétrogradent plus complètement chez ces animaux. On vient de rapporter la nature de ces symptômes chez les chiens quelques mois après les opérations. Chez l'homme, l'absence complète des fonctions du labyrinthe, en tant qu'elles n'affectent point le sens de l'ouïe, est si peu sensible que ce n'est que tout récemment qu'il a été donné d'en déceler l'existence.

Comment des troubles, qui sont de véritables *phénomènes de déficit,* peuvent-ils disparaître avec le temps? Voilà la question dont Ewald a compris toute la portée générale pour la physiologie. L'organe enlevé et dont la perte entraîne la lésion de déficit ne repousse pas; c'est absolument sûr. Si les troubles diminuent, ce n'est donc pas qu'ils doivent être abolis en réalité, mais demeurer *latents.* Les actions observées chez l'animal que l'opération a privé des moyens normaux d'exécution de ces mêmes actions ne sont plus exécutées qu'en apparence d'une façon normale, à l'aide de moyens tout différents. L'*action* redevient possible; la

fonction spéciale ne reparaît jamais, elle est simplement remplacée, suppléée par une autre (*Ersatzerscheinung*). Si, par exemple, après la perte des deux mains, un homme ne peut plus écrire, il pourra encore exécuter cette action s'il apprend à écrire en tenant un porte-plume dans sa bouche, maintenu entre ses dents ; la fonction des mains est perdue ; la tête supplée ces organes. Il est donc manifeste que si les phénomènes de déficit résultant de l'enlèvement des labyrinthes s'amendent, comme il a été dit, ce ne peut être que du fait d'un phénomène de suppléance. Quelle fonction supplée le *tonus labyrinthique*? Ewald supposa que la sensibilité tactile (*Tastgefühl*) devait suppléer la perte du sens musculaire (*Muskelgefühl*) qui suit les lésions destructives des labyrinthes.

Si cette hypothèse était fondée, un animal, privé de ses labyrinthes, dont les symptômes correspondants sont devenus latents, devra représenter les mêmes troubles après l'ablation de la zone cérébrale des extrémités, siège de la sensibilité tactile. « Chez les grenouilles et chez les pigeons, où ces zones peuvent être difficilement circonscrites, le cerveau tout entier fut enlevé quelques mois après l'enlèvement des labyrinthes. La différence qui en résulta relativement aux mouvements de locomotion, à peine remarquable pour les grenouilles, fut peu manifeste pour les pigeons : ces résultats correspondaient donc au degré suivant lequel la sensibilité tactile peut être lésée chez ces animaux par des lésions destructives du cerveau. Les chiens, après avoir perdu, dans quatre opérations, les deux labyrinthes et les deux zones symétriques des extrémités, se comportèrent tout autrement. » Les conséquences de ces opérations deviennent donc intelligibles : « Les *zones excitables du cerveau* et les *labyrinthes* se suppléent réciproquement. Si l'un de ces organes est détruit, des phénomènes de suppléance apparaissent du fait de ceux qui subsistent. Le *sens musculaire* et la *sensibilité tactile* sont tout d'abord nécessaires pour l'adaptation des mouvements de locomotion. L'abolition du sens musculaire vient-elle à se produire par l'enlèvement des labyrinthes, la sensibilité tactile le remplace. On se rend compte ainsi de la latence des troubles en question et du peu d'importance des troubles de la motilité chez les hommes sans labyrinthes. Si, d'autre part, la *sensibilité tactile* est détruite en tout ou en partie, des phénomènes de suppléance seront possibles par le *sens musculaire*, c'est-à-dire par l'intermédiaire des labyrinthes. De ce point de vue s'expliquent, en physiologie cérébrale, maintes divergences d'opinions touchant les zones excitables. » Nous estimons qu'à cet égard aussi les expériences, naturellement fort bien conduites, d'Ewald, seront dans l'avenir, comme elles le sont déjà dans le présent, d'une grande fécondité. Ainsi, entre le *cerveau* et le *labyrinthe*, une suppléance est possible pour l'exécution de certaines actions, et

jusqu'à un certain degré, l'*œil* intervient efficacement à la place de ces deux organes. Enfin la sensibilité tactile peut, toujours quant à l'activité motrice adaptée à certaines fins représentées dans le cerveau, être suppléée par le sens musculaire du labyrinthe, ou *tonus labyrinthique*, et réciproquement.

Olfaction. — On ne doit pas comparer les cellules de la muqueuse de l'organe du *goût* aux cellules olfactives de la muqueuse de l'organe de l'odorat. Les cellules du goût (*Geschmackszellen*) ne sont pas des cellules nerveuses demeurées à la périphérie : ces organites périphériques (papilles de la langue, etc.) du sens de la gustation représentant des manières de cellules épithéliales qui jouent sans doute un rôle analogue à celui des cellules ciliées de l'organe de l'ouïe. Les fibres nerveuses gustatives se terminent librement dans et entre les « cellules du goût » (fibres nerveuses intrabulbaires et interbulbaires) comme les prolongements périphériques des protoneurones sensitifs des vertébrés se ramifient librement dans l'épithélium cutané et muqueux (1).

Les fibres du *tractus olfactorius* ne se myélinisent chez l'homme qu'après celles des faisceaux sensitifs des circonvolutions centrales, ce qui s'accorde avec le fait que les racines postérieures de la moelle épinière se développent plus tôt que les fibres des bandelettes olfactives. Les racines ou faisceaux du nerf olfactif se terminent partie dans le lobe frontal (*Stirnhirn*), partie dans le *tuber olfactorium*, partie dans la circonvolution olfactive interne ainsi qu'à la base ou aux régions inféro-antérieures du *gyrus fornicatus* dont on connaît la structure histologique spéciale, caractérisée par une seule couche de cellules nerveuses, la plupart fusiformes. La partie principale de la racine externe olfactive est en rapport avec la *circonvolution en crochet* où elle s'arborise dans un territoire de structure aussi particulière, caractérisée par une couche de grains (*Körnerschicht*).

Flechsig ne saurait encore dire quelle est l'étendue de la sphère olfactive du *gyrus uncinatus*, sphère située tout à proximité du *noyau amygdalien* et que de nombreuses connexions fibrillaires relient à ce noyau. De cette sphère partent de puissants faisceaux qui se rendent à la *corne d'Ammon* et à la *fascia dentata*. Ces faisceaux ne sauraient être considérés comme appartenant à la couronne rayonnante, c'est-à-dire comme

---

(1) V. G. Retzius. *Die Nervenendigungen in dem Geschmacksorgan der Säugethiere und Amphibien*. Biologische Untersuchungen. N. F., 1892, IV, 19 sq. Taf. IX : Die Nervenendigungen in den *Zungenpapillen* der Säugethiere, Amphibien und Selachier. Cf. VII, VIII, X.

des faisceaux de projection, puisqu'ils passent entre différents territoires de l'écorce : ce sont des faisceaux d'association. Ils se distinguent des autres systèmes d'association par leur précocité extrême; ils ne sont devancés à cet égard que par les faisceaux issus de la *pars anterior* de la *sphère olfactive,* de la région de la *substantia perforata anterior,* qui, après s'être portés en arrière sur le corps calleux (*stries* ou *bandelettes* de Lancisi), dans la substance blanche du *septum pellucidum* (*fornix longus*), montent dans le *gyrus hippocampi*. Les deux faisceaux s'entrelacent dans le *subiculum cornu Ammonis* ou aux limites du *subiculum* vers l'*alveus*. Il en résulte que le *gyrus hippocampi* soutient des relations variées avec la *sphère olfactive*. « Mais c'est encore une question de savoir, écrit Flechsig, s'il participe lui-même aux sensations de l'olfaction. » Le *strie externe* de Lancisi, qu'on ne peut suivre que jusque dans la région de la *sphère tactile,* apparaît plus tôt que la *strie interne* et le *fornix longus*. Tous les faisceaux énumérés du *gyrus hippocampi* appartiennent, comme le *cingulum,* aux systèmes d'association reliant entre eux les centres de projection. Quant aux fibres de la couronne rayonnante de la *sphère olfactive,* Flechsig indique comme les premières myélinisées celles qui pénètrent dans le *globus pallidus* du *noyau lenticulaire,* qu'elles rayonnent de l'écorce olfactive frontale ou de l'écorce olfactive temporale. Plus tard, d'autres faisceaux vont au *thalamus opticus*. De la *substantia perforata anterior,* considérée d'ordinaire comme correspondant au *spatium olfactorium,* plusieurs faisceaux partent qui, chez l'homme aussi, sont remarquables par la précocité de leur développement. Du noyau latéral du *corps mamillaire* un faisceau s'étale sur la *substance grise centrale* qui pourrait transmettre, par l'intermédiaire de cette masse grise, des excitations olfactives à la moelle allongée, et déterminer des réactions automatiques de ce centre en rapport avec cet ordre de sensations.

« Si l'homme pouvait pénétrer dans le cercle des notions d'un mammifère osmatique, il y rencontrerait sans aucun doute des représentations d'une espèce toute différente de celles qu'il connaît. Nos représentations de la vue, dont la complexité et la plasticité sont si grandes grâce à la vision binoculaire, les représentations des sons, également si complexes, où se manifeste la puissance du langage, font presque entièrement défaut aux animaux : à la place existe un monde merveilleux d'images olfactives, plus riches et plus variées que nous ne saurions l'imaginer. Ces représentations de l'olfaction ont sans doute la même importance pour l'âme des animaux que, pour nous, celles de l'œil et de l'oreille (Buffon, Edinger)... Que l'odorat joue un rôle si considérable dans la vie psychique de l'immense majorité des mammifères, c'est ce qu'établit avec évidence le développement des territoires affectés à cette fonction dans le système

jusqu'à un certain degré, l'*œil* intervient efficacement à la place de ces deux organes. Enfin la sensibilité tactile peut, toujours quant à l'activité motrice adaptée à certaines fins représentées dans le cerveau, être suppléée par le sens musculaire du labyrinthe, ou *tonus labyrinthique,* et réciproquement.

Olfaction. — On ne doit pas comparer les cellules de la muqueuse de l'organe du *goût* aux cellules olfactives de la muqueuse de l'organe de l'odorat. Les cellules du goût (*Geschmackszellen*) ne sont pas des cellules nerveuses demeurées à la périphérie : ces organites périphériques (papilles de la langue, etc.) du sens de la gustation représentant des manières de cellules épithéliales qui jouent sans doute un rôle analogue à celui des cellules ciliées de l'organe de l'ouïe. Les fibres nerveuses gustatives se terminent librement dans et entre les « cellules du goût » (fibres nerveuses intrabulbaires et interbulbaires) comme les prolongements périphériques des protoneurones sensitifs des vertébrés se ramifient librement dans l'épithélium cutané et muqueux (1).

Les fibres du *tractus olfactorius* ne se myélinisent chez l'homme qu'après celles des faisceaux sensitifs des circonvolutions centrales, ce qui s'accorde avec le fait que les racines postérieures de la moelle épinière se développent plus tôt que les fibres des bandelettes olfactives. Les racines ou faisceaux du nerf olfactif se terminent partie dans le lobe frontal (*Stirnhirn*), partie dans le *tuber olfactorium,* partie dans la circonvolution olfactive interne ainsi qu'à la base ou aux régions inféro-antérieures du *gyrus fornicatus* dont on connaît la structure histologique spéciale, caractérisée par une seule couche de cellules nerveuses, la plupart fusiformes. La partie principale de la racine externe olfactive est en rapport avec la *circonvolution en crochet* où elle s'arborise dans un territoire de structure aussi particulière, caractérisée par une couche de grains (*Körnerschicht*).

Flechsig ne saurait encore dire quelle est l'étendue de la sphère olfactive du *gyrus uncinatus,* sphère située tout à proximité du *noyau amygdalien* et que de nombreuses connexions fibrillaires relient à ce noyau. De cette sphère partent de puissants faisceaux qui se rendent à la *corne d'Ammon* et à la *fascia dentata.* Ces faisceaux ne sauraient être considérés comme appartenant à la couronne rayonnante, c'est-à-dire comme

---

(1) V. G. Retzius. *Die Nervenendigungen in dem Geschmacksorgan der Säugethiere und Amphibien.* Biologische Untersuchungen. N. F., 1892, IV, 19 sq. Taf. ix : Die Nervenendigungen in den *Zungenpapillen* der Säugethiere, Amphibien und Selachier. Cf. vii, viii, x.

des faisceaux de projection, puisqu'ils passent entre différents territoires de l'écorce : ce sont des faisceaux d'association. Ils se distinguent des autres systèmes d'association par leur précocité extrême; ils ne sont devancés à cet égard que par les faisceaux issus de la *pars anterior* de la *sphère olfactive*, de la région de la *substantia perforata anterior*, qui, après s'être portés en arrière sur le corps calleux (*stries* ou *bandelettes* de Lancisi), dans la substance blanche du *septum pellucidum* (*fornix longus*), montent dans le *gyrus hippocampi*. Les deux faisceaux s'entrelacent dans le *subiculum cornu Ammonis* ou aux limites du *subiculum* vers l'*alveus*. Il en résulte que le *gyrus hippocampi* soutient des relations variées avec la *sphère olfactive*. « Mais c'est encore une question de savoir, écrit Flechsig, s'il participe lui-même aux sensations de l'olfaction. » Le *strie externe* de Lancisi, qu'on ne peut suivre que jusque dans la région de la *sphère tactile*, apparaît plus tôt que la *strie interne* et le *fornix longus*. Tous les faisceaux énumérés du *gyrus hippocampi* appartiennent, comme le *cingulum*, aux systèmes d'association reliant entre eux les centres de projection. Quant aux fibres de la couronne rayonnante de la *sphère olfactive*, Flechsig indique comme les premières myélinisées celles qui pénètrent dans le *globus pallidus* du *noyau lenticulaire*, qu'elles rayonnent de l'écorce olfactive frontale ou de l'écorce olfactive temporale. Plus tard, d'autres faisceaux vont au *thalamus opticus*. De la *substantia perforata anterior*, considérée d'ordinaire comme correspondant au *spatium olfactorium*, plusieurs faisceaux partent qui, chez l'homme aussi, sont remarquables par la précocité de leur développement. Du noyau latéral du *corps mamillaire* un faisceau s'étale sur la *substance grise centrale* qui pourrait transmettre, par l'intermédiaire de cette masse grise, des excitations olfactives à la moelle allongée, et déterminer des réactions automatiques de ce centre en rapport avec cet ordre de sensations.

« Si l'homme pouvait pénétrer dans le cercle des notions d'un mammifère osmatique, il y rencontrerait sans aucun doute des représentations d'une espèce toute différente de celles qu'il connaît. Nos représentations de la vue, dont la complexité et la plasticité sont si grandes grâce à la vision binoculaire, les représentations des sons, également si complexes, où se manifeste la puissance du langage, font presque entièrement défaut aux animaux : à la place existe un monde merveilleux d'images olfactives, plus riches et plus variées que nous ne saurions l'imaginer. Ces représentations de l'olfaction ont sans doute la même importance pour l'âme des animaux que, pour nous, celles de l'œil et de l'oreille (Buffon, Edinger)... Que l'odorat joue un rôle si considérable dans la vie psychique de l'immense majorité des mammifères, c'est ce qu'établit avec évidence le développement des territoires affectés à cette fonction dans le système

nerveux central, développement dont l'anatomie et la physiologie comparées administrent la preuve (1). »

Il y a bien des années, TH. MEYNERT a écrit, avec son grand sens anatomique, que le *bulbus olfactorius* des vertébrés représente le centre nerveux primaire du nerf olfactif et que ce centre est homologue aux centres primaires de l'*opticus,* aux tubercules quadrijumeaux antérieurs, au *pulvinar* du *thalamus,* aux corps genouillés externes, au noyau du glosso-pharyngien et aux cornes postérieures de la moelle épinière (2). Comme le *tractus olfactorius* se distribue au *gyrus uncinatus,* il ne reste qu'à conclure que cette circonvolution est le centre cortical du sens de l'olfaction. On sait que la tête du corps strié, où il avait suivi une partie des fibres du lobe olfactif, était pour MEYNERT un organe réflexe des sensations de l'odorat, grâce auquel les impressions de ce sens se transformaient immédiatement en réactions motrices avant d'arriver à la conscience. Le centre de l'olfaction était ainsi relié, d'après MEYNERT : 1° au *corps strié* du côté correspondant par la racine olfactive moyenne ; 2° au lobe olfactif du côté opposé par la commissure antérieure ; 3° à la circonvolution en crochet par la racine olfactive externe ; 4° à l'avant-mur par la même voie nerveuse ; 5° au *gyrus corporis callosi* par la racine interne. De même, pour OBERSTEINER, le *bulbus olfactorius,* première station d'interruption ou de branchement du nerf olfactif, est un centre nerveux qu'il est légitime d'identifier, non certes a un centre cortical du télencéphale, mais « aux noyaux d'origine de la plupart des autres nerfs, à la *rétine,* abstraction faite de l'épithélium, aux ganglions spinaux (3) ». La structure histologique du bulbus olfactorius indique et justifie une analogie de cet ordre, ajoute OBERSTEINER, avec « la couche cérébrale » de la rétine, selon la remarque expresse de HILL. HIS enfin à fait le même rapprochement entre les protoneurones de son ganglion olfactif et les protoneurones sensitifs des ganglions spinaux.

Mais OPPENHEIM ne croit pas qu'il soit encore démontré que le centre cortical de l'olfaction siège dans le *gyrus uncinatus,* comme l'admettent DAVID FERRIER, GOWERS, FLECHSIG (4). Parmi les observations cliniques favorables à cette localisation, celle de H. JACKSON et de BEEVOR (1888-9) est presque la seule qui pourrait être discutée : chez une personne de

---

(1) H. ZWAARDEMAKER. *Die Physiologie des Geruchs.* Leipz., 1895, Einleitung.

(2) TH. MEYNERT. *Haudb. der Lehre v. d. Geweben* herausg. v. S. STRICKER, cap. 31. HUGUENIN. *Allg. Pathol. d. Krankh. d. Nervensyst.* I. Th. Anat. Einleitung. Zurich, 1873.

(3) H. OBERSTEINER. *Anleit. zu Stud. d. Baues d. nervös. Centralorgane.* Leipz. u. Wien. 1892.

(4) H. OPPENHEIM. *Die Geschwülste des Gehirns.* Wien, 1896, 91, 95.

53 ans, les attaques étaient précédées d'une odeur épouvantable. Cette *aura*, hallucination véritable, comme toute *aura*, semblait avoir été causée par un néoplasme qui occupait l'extrémité antérieure du lobe temporal. Chez une autre malade, observée par Oppenheim, et dont les illusions et les hallucinations de l'*odorat* et du *goût* avaient créé de toutes pièces un système d'idées délirantes, une tumeur du lobe pariétal droit s'était propagée jusqu'au lobe temporal. Dans d'autres observations de Mc Lane Hamilton, d'Anderson, etc., les nerfs olfactifs eux-mêmes étaient affectés ou détruits ; il est donc impossible d'en rien inférer quant au centre cortical de l'olfaction. Dans les cas d'hallucinations de l'odorat symptomatiques d'une lésion du lobe temporal il s'agissait d'ailleurs presque exclusivement de tumeurs. Tout au contraire de ce qui existe pour l'audition et surtout pour la vision, les matériaux manquent encore pour construire l'édifice. Il est toujours utile d'entendre le témoignage d'un bon juge, d'Oppenheim lui-même, lorsqu'il déclare que, des observations cliniques jusqu'ici connues, on ne saurait rien conclure d'assuré touchant la localisation du centre de l'olfaction dans l'écorce du télencéphale humain.

Nous avons si longuement et si souvent insisté sur l'anatomie comparée et les fonctions du grand lobe limbique en rapport avec l'olfaction (1), qu'il suffira d'énumérer, après Zuckerkandl (2), les différentes provinces, d'âge et d'étendue si variables, affectées à cette fonction chez les vertébrés macrosmatiques et microsmatiques. D'après Zuckerkandl lui-même, le territoire cortical propre du centre de l'olfaction est constitué : 1° par l'écorce du *lobus olfactorius* ; 2° par le *tuberculum olfactorium* ; 3° par le *lobus limbicus* à l'exception de la région considérable du *lobus corporis callosi* située sur la face dorsale du corps calleux ; 4° par la *lamina perforata anterior* ; 5° par la corne d'Ammon et la *fascia dentata* ; 6° peut-être aussi par le *tuber cinereum* et le *corpus mammillare*. Ces territoires corticaux sont associés entre eux : 1° par les 4 racines olfactives ; 2° par le *cingulum* ; 3° par la voûte qui, par l'intermédiaire du *processus olfactorius fornicis*, réunit la corne d'Ammon à la pointe du *gyrus hippocampi* et au lobe olfactif. Aux faisceaux de la couronne rayonnante appartiennent : 1° la *columna*

---

(1) Voyez pour l'anatomie et la physiologie de l'organe de l'odorat et de l'olfaction dans la série des vertébrés, depuis les Poissons jusqu'à l'Homme, sujet qui a été traité dans ce livre avec une attention et une prédilection particulières, à l'instar d'Edinger et de Broca, surtout p. 725-6 (voie centrale du nerf olfactif) ; 746, 750, 755-763 (rhinencéphale, bulbe olfactif, commissure antérieure et commissure des cornes d'Ammon (*psalterium*), *fimbria*, *fornix*, corps mamillaire, stries de Lancisi, etc.) ; 874, 876, 882-92, 907-8, 1,001 (morphologie et physiologie comparées du grand lobe limbique.)

(2) E. Zuckerkandl. *Ueber das Riechcentrum*. Eine vergleich.-anat. Studie. Stuttg., 1887. — *Normale u. patholog. Anatomie der Nasenhöhle*... 2te Aufl. Wien, 1893. Cap. x. Die nervösen Apparate des Geruchsorganes. Taf. xiv-xvi, p. 167-201.

fornicis; 2° la partie du *processus olfactorius fornicis* dont les fibres se distribuent au *tuber cinereum* et au *corpus mammillare*. Enfin les fibres commissurales passent : 1° par la *commissura anterior*; 2° par le *psalterium* qui relie entre elles les deux cornes d'Ammon. En outre il existe sans doute d'autres fibres commissurales dans le *splenium corporis callosi* qui unissent le *lobus hippocampi* et la corne d'Ammon.

Chez les animaux dont les lobes olfactifs sont *rudimentaires* et chez l'homme, Zuckerkandl a trouvé réduits : 1° le *gyrus hippocampi*; 2° le *lobus corporis callosi* dans la région de l'isthme (pli de passage rétrolimbique); 3° la circonvolution calleuse; 4° l'extrémité frontale du *lobus corporis callosi*; 5° la *lamina perforata anterior*; 6° la corne d'Ammon, surtout son extrémité postérieure (*cauda cornu Ammonis*); 7° le *gyrus marginalis externus*, dont la portion basale (*fascia dentata*) se trouve encore très développée; 8° le *gyrus marginalis internus*.

Chez le Dauphin, où le lobe olfactif a complètement disparu, cette réduction des régions corticales en rapport avec ce centre est à son maximum. *Quelques-unes même ont cessé absolument d'exister*. Aucun anatomiste n'a plus démonstrativement établi ce fait d'involution régressive, dont nous avons à plusieurs reprises indiqué la signification et la portée, que le savant professeur de Vienne.

Ainsi, dans le cerveau du Dauphin, où le lobe olfactif manque, voici ce qu'a trouvé Zuckerkandl. Le lobe limbique n'est constitué que par le *lobus hippocampi* et le *lobus corporis callosi*. Ce dernier, commençant sous le rostre du corps calleux, se trouve bien développé et circonvolutionné dans la portion où il s'étend sur le dos de cette commissure, mais la portion du *lobus limbicus* sus-jacente à l'extrémité postérieure du corps calleux s'amincit d'une manière extraordinaire. L'extrémité frontale du *lobus corporis callosi* n'est pas au contraire notablement atrophiée. Le *lobus hippocampi* est très court, petit, atrophié, recourbé en crochet à son extrémité antérieure comme chez les animaux microsmatiques. Le pli de passage rétrolimbique, limite des deux portions du lobe limbique, est déplacé. La *fissura limbica*, l'antique frontière du rhinencéphale et du pallium, forme un sillon d'environ 2 centimètres de long limitant latéralement le *lobus hippocampi*. La *lamina perforata anterior* a complètement dégénéré. Sur la face dorsale du *lobus hippocampi* si fort atrophié, une bandelette d'à peine 1 centimètre de longueur et de 2 millimètres de largeur s'étend à partir de l'*uncus* et se termine en pointe : « ni sa forme, ni sa grandeur, ni sa coloration ne feraient supposer qu'elle représente la corne d'Ammon, au plus haut point dégénérée. » Seuls, la situation et l'examen microscopique de cette bandelette permettent de l'identifier avec la corne d'Ammon : à une large couche externe pauvre en cellules succède une mince couche granuleuse composée de cellules rondes pressées les unes contre les autres, puis une troisième couche également pauvre en neurones, où s'espacent quelques cellules pyramidales, enfin, comme quatrième couche, le *stratum* des grandes cellules pyramidales, mais déformées, petites et de forme arrondie, éloignées du type. Une couche de cellules analogues à celles de la troisième couche isole de la substance blanche l'écorce de la corne d'Ammon. Le *stratum granulosum* qui se montre nettement à l'extré-

mité postérieure de la corne d'Ammon, diminue déjà considérablement à la partie moyenne, et, en avant, on ne rencontre plus à la place de la *fascia dentata* qu'une couche où les cellules sont de plus en plus rares. De circonvolution calleuse, point de trace. Le corps de la voûte et les piliers antérieurs ne sont plus que des ruines. La *fimbria* a disparu. Un rudiment de *fascia dentata* se voit encore à la partie postérieure de la corne d'Ammon dégénérée, où le *stratum granulosum* est le moins atrophié. Peut-être existe-t-il quelque reste en avant du *gyrus marginalis externus*. Un maigre faisceau de fibres représente la *commissura anterior*. Même indigence fibrillaire du corps calleux : la petitesse de son *splenium* s'explique par l'involution régressive du *lobus hippocampi* et de la corne d'Ammon. En résumé, on constate dans le cerveau du Dauphin : 1° le *défect* complet du *lobus olfactorius* ; 2° une régression considérable des parties basales du *lobus limbicus* ; 3° l'absence complète de la *lamina perforata anterior* ; 4° l'atrophie de la corne d'Ammon réduite à un rudiment quant à sa structure macroscopique et microscopique ; 5° l'absence complète de la *fimbria* avec une atrophie frappante des autres parties du *fornix* ; 6° une involution régressive « énorme » du *gyrus marginalis externus*.

Ainsi que nous en avons plusieurs fois fait la remarque, l'anatomie comparée suffit à démontrer, par des preuves éclatantes, avec l'évolution historique des provinces du névraxe, avec la phylogénie et l'ontogénie du moindre organe comme du plus considérable, qu'il s'agisse de la glande pinéale ou du lobe olfactif, que partout et toujours la fonction a créé l'organe ; qu'elle a été la condition du progrès de sa différenciation morphologique ou de sa décadence irrémédiable. Qu'une pareille constatation paraisse toute simple de nos jours, c'est ce qu'il est naturel de croire. Mais, au cours du grand nombre de siècles qu'embrasse cette Histoire, — qui est l'*histoire des organes et des fonctions de l'intelligence* — la structure des êtres vivants a été considérée comme aussi immuable que celle des minéraux, et l'on n'aurait pas été moins surpris de contempler une province du cerveau vivant frappée de mort naturelle, de dégénérescence et d'extinction locale, que de voir une étoile s'éteindre ou un soleil se refroidir.

A cet égard, et pour ce qui a trait particulièrement à l'anatomie du cerveau humain, Burdach pensait encore comme Aristote. Or, l'exemple du cerveau du Dauphin, dont les centres corticaux en rapport avec l'olfaction ont été si bien étudiés par Zuckerkandl, établit, avec toute la rigueur scientifique possible, que l'étendue et la différenciation histologique de ces aires ont été proportionnelles, dans la série des mammifères, comme chez le reste des vertébrés, à l'activité du sens de l'odorat, et qu'après des fortunes fort diverses, après des périodes d'hégémonie, de déclin et de décadence, le *lobus olfactorius* lui-même a fini par ne plus exister, entraînant en quelque sorte dans sa ruine toutes les parties de son vaste empire. « Le *lobus olfactorius*, très développé chez les animaux macrosmatiques, rudimentaire chez les animaux microsmatiques, manque (*fehlt*) chez

le Dauphin, » écrit ZUCKERKANDL. La nature a ainsi réalisé, comme s'exprime cet éminent anatomiste, une opération plus radicale que ne l'aurait été tout essai d'extirpation expérimentale de ce lobe.

Si c'était le lieu de présenter la formule dernière de ma pensée, telle que le temps et la réflexion l'ont en quelque sorte cristallisée, sur la structure et les fonctions du système nerveux central, je dirais :

Objectivement, les associations des perceptions, des images, des concepts, qui sont toute l'intelligence, ne sont rien de plus que les rapports de contiguïté des neurones au moyen des prolongements protoplasmiques et cylindraxiles des cellules nerveuses. On a montré l'importance de l'intégrité de ces prolongements, souvent très longs, pour la continuité de la vie des cellules d'origine, qui, en même temps que des centres fonctionnels, sont des centres trophiques, toutes les fonctions de la vie, de la vie des cellules nerveuses aussi bien que de celle des cellules glandulaires, présupposant, aujourd'hui comme au temps d'Aristote, la nutrition. Or, le premier effet de la destruction d'un centre nerveux, ce n'est pas seulement l'extinction locale d'une fonction de la sensibilité ou du mouvement, c'est aussi la mort, aiguë ou lente, sous forme de dégénérescence ascendante ou descendante, d'atrophie secondaire ou tertiaire, d'innombrables dendrites, cylindraxes et collatérales, qui végétaient dans ce centre nerveux, bois dans une forêt, et trouvaient dans les excitations incessantes qui le traversaient en toutes les directions, les condition de leur activité fonctionnelle, partant trophique, dont l'effet retentissait sur les fonctions de leurs cellules d'origine. L'ablation ou la perte d'un centre nerveux, c'est la diminution ou la fin de la vie d'innombrables neurones qui se trouvaient, dans tout le reste de l'organe, anatomiquement et fonctionnellement associés avec ce centre. L'effet de ces dégénérescences et de ces atrophies à distance est naturellement incalculable ; il est réel : les progrès de la technique microscopique l'ont bien mis en lumière. Le mort entraîne le vif après soi. Un cerveau, amputé d'un de ses lobes par le couteau ou par la maladie, se survit beaucoup plus qu'il ne vit d'une existence normale.

C'est uniquement la clinique et l'expérimentation physiologique qui, pour expliquer la perte des *représentations* alors que les *perceptions* étaient conservées, ont postulé l'existence d'éléments nerveux où les différentes fonctions psychiques de perception et de représentation sont considérées comme l'activité propre de neurones hétérogènes, juxtaposés ou superposés dans la même province de l'écorce cérébrale. Mais les fonctions psychiques, — j'entends les perceptions, les images, les concepts, associés en complexus anatomiques et fonctionnels de plus en plus étendus, grâce aux contacts efficaces des prolongements des neurones, réalisant en quelque sorte la solidarité physiologique de toutes les provinces autonomes de l'écorce, bref, grâce aux *centres de projection* et aux *centres*

d'association, — les fonctions psychiques ne sont ni localisées ni localisables dans les éléments histologiques considérés isolément.

L'idée d'un cheval ou celle d'une cathédrale, à la fois sensorielle, sensitive et motrice ou kinesthésique, comme toutes les images, même les plus abstraites, car l'évocation des êtres ou des choses réveille des sensations musculaires, articulaires, etc., en même temps que des sensations visuelles, auditives, organiques, etc., — cette idée n'existe qu'au moment de son évocation : elle n'était plus présente à l'intelligence depuis sa dernière résurrection ; elle ne l'est plus quand l'évocation a pris fin. Ce qui subsiste et persiste, ce sont les conditions de ces renaissances incessantes, suivies d'évanouissements plus ou moins longs, et ces conditions sont bien dans les neurones de l'écorce cérébrale, mais seulement en tant que ces éléments nerveux, dont les fonctions sont purement sensorielles ou sensitives, réalisent, par leurs *associations,* le rétablissement d'états antérieurs correspondant à la notion d'un cheval ou d'une cathédrale. Les sensations perçues, conservées, associées, de ces objets, dans les différents territoires de projection et d'association de l'écorce en rapport avec les divers sens affectés par ces mêmes objets, vision, organe du tact, sens musculaire, articulaire, ouïe, odorat, etc., voilà les conditions des images renaissantes dans les centres d'association. Mais isolez, par la pensée, comme dans l'ablation d'un lobe cérébral avec le couteau, ou dans la perte des fibres d'association chez les paralytiques généraux, les sièges de ces différents substrata : si les centres de l'écorce sont restés en connexion avec les faisceaux de projection afférents, il y aura encore des choses vues, senties, odorées, etc., mais ces choses ne seront pas plus *reconnues* que les lettres de l'alphabet que voit le plus savant homme frappé de cécité littérale ou verbale.

La reconnaissance, l'identification des choses vues, senties, entendues, odorées, etc., avec des séries d'associations antérieures de même nature, voilà le processus psychique proprement dit ; il présuppose sans doute l'existence de résidus sensitifs et sensoriels aussi hétérogènes que les sens eux-mêmes, comme l'illumination d'une ville, un soir de fête, présuppose l'existence de conduites et de rampes de gaz. Mais, de même qu'ici le dessin lumineux n'apparaît dans la nuit qu'après que la flamme, en longues traînées, s'est propagée de proche en proche, l'image du cheval ou de la cathédrale ne se dessine, avec tout son relief et toutes ses colorations spéciales, que lorsque les associations préétablies entre les éléments constituants de ces apparitions mentales redeviennent pour un moment actives, sous l'influence des décharges nerveuses des cellules d'origine.

L'intelligence, et les processus dont se compose l'intelligence,

perceptions, images, concepts, ne sont rien de plus, à un moment donné, que la somme des résidus associés de toutes les perceptions sensibles : isolées, ces perceptions, ces images, ne feraient jamais une somme. Nul doute que l'intelligence ne soit l'expression, la résultante des rapports des perceptions élémentaires, localisées dans des territoires différents et distants les uns des autres, mais synergiquement associées, par des fibres longues et courtes, dans des centres d'association. L'intelligence est donc bien, comme l'avait enseigné MEYNERT, une fonction des faisceaux d'association, ou, comme l'a montré FLECHSIG, des centres d'association, unissant, au milieu d'une complexité inouïe, les divers éléments dont se compose une perception, une image, un groupe d'images, un concept, un jugement, un raisonnement.

THÉORIE DES NEURONES

I. — GOLGI

L'étude des fonctions du cerveau est si intimement liée à celle de l'histologie du système nerveux central et périphérique que les travaux des grandes Écoles contemporaines d'anatomie fine ont ouvert une ère nouvelle pour la psychologie physiologique. C'est Kölliker lui-même qui, au sujet des méthodes de coloration des éléments du système nerveux, a écrit que les procédés de Weigert et de Golgi « étaient les plus importantes conquêtes qu'ait faites de nos jours l'histologie (1). » Ce qu'on nomme la méthode de Golgi, la méthode de la *coloration noire*, où les pièces sont successivement traitées par le bichromate de potasse ou d'ammoniaque et par le nitrate d'argent, remonte à 1873 (2). Elle l'emportait, en effet, cette méthode, sur toutes les méthodes connues, pour faire apparaître, avec une puissance incomparable, les éléments essentiels du système nerveux, les cellules avec leurs prolongements ramifiés, y compris les collatérales du prolongement axile. Il n'y eut qu'une voix sur la fidélité des représentations de ces éléments, surtout de celles des prolongements protoplasmiques, que Golgi fit connaître au monde dans son grand ouvrage, *Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso* (Milano, Hoepli, 1886, 214 p., avec 24 pl.), commencé et terminé, après bien des années, dans le laboratoire de pathologie générale de Pavie (3).

---

(1) A. Kölliker. *Die Unters. von Golgi über den feineren Bau des centralen Nervensystems.* Anat. Anzeiger. Iena, II Jahrg. 1887, 480-3.

(2) C. Golgi. *Sulla struttura della sostenza grigia del cervello.* Gaz. med. Lombarda, VI 1873. Voici en quoi consistait la première méthode de Golgi, la *méthode lente :* des fragments du système nerveux étaient laissés dans une solution de bichromate de potasse à 2.5 pour 100 pendant quelques semaines ; celle-ci était concentrée progressivement jusqu'à 5 pour 100 ; les préparations, après avoir été lavées, étaient transportées dans une solution de nitrate d'argent à 0,75 pour 100, ou plus faible pour commencer ; elles restaient ensuite deux ou trois jours dans une solution nouvelle de nitrate d'argent. Enfin, quand les fragments ainsi traités ne donnaient plus de précipité, ils étaient prêts pour les coupes.

(3) Cf. Golgi. *Untersuchungen über den feineren Bau des centralen und peripherischen Nervensystems.* Iena, 1894.

Nous ne rappellerons que la position des principaux problèmes de l'anatomie générale du système nerveux, tels que Golgi les a conçus, et nous indiquerons les solutions qu'il en a données ou que ses élèves en donnent après lui, sans perdre de vue les rapports de ces études avec celles de la physiologie du système nerveux central, dont aujourd'hui elles sont l'âme même.

Tout d'abord, des difficultés presque insurmontables, et qu'on ne rencontre pas dans l'étude des autres organes et tissus de l'organisme, se dressaient ici devant Golgi. Ailleurs, la connaissance anatomique des organes, des tissus et des éléments anatomiques, a révélé les lois de leur fonctionnement : dans l'étude du système nerveux, l'anatomie était encore la servante de la physiologie. La physiologie démontre que le cerveau est un organe fonctionnellement hétérogène, c'est-à-dire que les fonctions du cerveau varient avec les différentes régions de cet organe. L'anatomie, non seulement ne pouvait rendre raison de ces différences de fonction : elle ne saurait même dire, suivant Golgi, si cette hétérogénéité fonctionnelle des diverses régions du cerveau correspond à des variétés de forme et de structure des éléments anatomiques de ces régions. La physiologie ne met pas en doute qu'entre les différentes parties des centres nerveux il n'existe une liaison intime, condition de la synergie fonctionnelle de ces parties. L'anatomie n'avait fourni jusqu'ici aucune preuve de la réalité de ces relations, de ces anastomoses, par exemple, que l'on postule pour rendre solidaires tous les territoires sensoriels et sensitivo-moteurs de l'écorce cérébrale. Pour Golgi, les idées courantes sur la texture et la morphologie élémentaire des organes centraux du système nerveux, idées alors empruntées à Gerlach, à Schultze, à Meynert, étaient de simples hypothèses sans fondement anatomique, de purs schémas imaginaires.

Dès 1867, Meynert indiquait l'existence, dans l'écorce cérébrale, de couches d'éléments nerveux, à morphologie différente, régulièrement stratifiées. A un grossissement d'environ 100 diamètres, les coupes transparentes de l'écorce laissent voir, dit-il, cinq couches à partir de la pie-mère : 1° *couche de névroglie* ; 2° *couche des petites cellules pyramidales* ; 3° *couche des grandes cellules pyramidales* ; 4° *couche des cellules granulées ou des granulations* (*couche granuleuse*) : 5° *couche des cellules fusiformes*, où d'assez grandes pyramides existent vers la périphérie ; 6° *substance médullaire*, où se trouvent encor[illegible] nombre de cellules fusiformes. Meynert étudia la structure histologique de l'écorce céré[illegible]brale sur des coupes durcies dans le chromate double de potasse, colorées dans des solutions de carmin, éclaircies dans l'huile d'œillet (Stricker, *Handb. d. Lehre von den Geweben*, 1870) : il vit les prolongements ascendants des cellules s'élever jusqu'à la surface de l'écorce, jusqu'à l'espèce de membrane limitante, formée de cellules conjonctives aux nombreux prolongements d'une finesse extrême, véritable disposition épithéliale, qu'il nomme couche de la névroglie (cellules en pinceau de Boll, cellules en araignée de Jastrowitz) ; de l'extrémité inférieure de ces cellules sortait un prolongement, peut-être ramifié (Löwe).

qui descendait en rayonnant dans l'écorce. Dans la troisième couche, les fibres nerveuses issues de la base des petites pyramides commencent à se réunir en faisceaux qui passent en grossissant toujours entre les groupes des grandes cellules pyramidales. Outre les prolongements ramifiés du sommet de ces pyramides, dont le faîte peut atteindre la couche des petites pyramides, elles émettent un prolongement basilaire moyen descendant qui, peut-être indivis (KOSCHEWNIKOW), pénètre dans la substance blanche. La direction des fibres des systèmes de projection et d'association révèle la nature des fonctions des cellules pyramidales et des cellules fusiformes : les fibres propres du système d'association, qui ne sont, dit MEYNERT, par rapport à l'écorce, ni des conducteurs centripètes, ni des conducteurs centrifuges, mais qui vont d'une circonvolution à une autre, parallèlement à la surface, ont une direction analogue à celle des cellules fusiformes, d'ailleurs nullement bipolaires, parallèles aussi à la surface de l'écorce. La striation du protoplasma des cellules nerveuses sur les pièces traitées par les solutions d'acide osmique avait été suivie dans les prolongements de la cellule et ces prolongements avaient été considérés comme analogues aux cylindraxes (MAX SCHULTZE, BOLL). En parlant du prolongement basilaire moyen qui descend directement dans la substance blanche (méthode à l'or), prolongement déjà assimilé par GERLACH à celui des cellules des cornes antérieures de la moelle, MEYNERT mentionne expressément les vastes ramifications du prolongement ascendant des grandes cellules pyramidales montant jusque dans les couches externes de l'écorce (1). Outre ces ramifications terminales, le prolongement ascendant de ces cellules émet déjà, peu après sa sortie de la cellule, des « fibrilles latérales », qui, dit-il, prennent part à la formation du réseau fibrillaire de l'écorce tout entière. Mais sur les préparations de GERLACH lui-même, dans l'intrication fibrillaire des plus délicats faisceaux, MEYNERT *n'a pu apercevoir qu'un feutrage, non un réseau*. MEYNERT réfute toujours l'opinion qui tend à faire dériver la fonction d'un élément nerveux de la forme de cet élément ; il combat donc l'opinion qui fait des petites pyramides des cellules de la sensibilité, des grandes, des cellules de la motilité, et aussi l'idée de WUNDT, qui tenait les unes pour jeunes et les autres pour vieilles. La grandeur et les dimensions relatives des pyramides, étudiées dans le type commun à cinq couches ou dans le type à huit couches de la scissure calcarine, etc., MEYNERT les explique par des considérations de pure topographie corticale, en particulier par le degré d'éloignement où ces cellules se trouvent de la surface de l'écorce.

Les faisceaux de fibres à myéline de l'écorce cérébrale n'avaient pu être suivis, par MEYNERT, dans leur direction ascendante vers la surface de l'écorce, au delà de la troisième couche de son schéma ; BERLIN les avait suivis plus loin (1858) ; REMAK, dès 1841, avait découvert, à la surface de l'écorce, une couche de fibres nerveuses à myéline. EXNER, avec sa méthode de coloration (solution osmique, glycérine, eau ammoniaquée), put constater l'existence, dans toute la première couche de MEYNERT, au-dessous de la couche de névroglie (dont il compare les fibres à des fils de chanvre), d'une couche de fibres nerveuses myéliniques, d'épaisseur et d'orientation variées (2). Outre les fibres nerveuses à direction parallèle à la surface de l'écorce du cerveau, fibres tangentielles, EXNER en vit d'autres s'élever des couches inférieures de l'écorce qui, après s'être recourbées ou ramifiées suivent dans ces hauteurs, elles aussi, une direction parallèle à la surface de l'écorce. Chez l'enfant nouveau-né, EXNER ne trouva dans cette couche aucune fibre nerveuse à myéline, mais de

(1) *Psychiatrie. Klinik d. Erkrank. d. Vorderhirns*, 1892.

(2) S. EXNER. *Zur Kenntniss vom feineren Bau der Grosshirnrinde*. Sitzungsb. der k. Akad, d. Wiss. Wien., vol. LXXXIII, p. 151 sq.

très grosses cellules, pourvues d'un prolongement ascendant, assez espacées, et d'ordinaire disposées en série comme les cellules de Purkinje du cervelet. Au niveau de la deuxième couche, les fibres myéliniques, très nombreuses, apparaissent plus minces que celles d'aucune autre couche de l'écorce. Dans la troisième couche, ces fibres commencent à se grouper en faisceaux descendants, quoique beaucoup d'entre elles se dirigent obliquement vers la surface de l'écorce. Le ruban rayé de Vicq-d'Azyr du lobe occipital, beaucoup plus large que les stries des six couches de Baillarger, est constitué par des fibres nerveuses à myéline dont la direction n'est point, chez toutes, parallèle à la surface de l'écorce. Sur un fragment de circonvolution du lobe pariétal, où les raies de Baillarger étaient bien apparentes, au fond d'une scissure, les coupes microscopiques montrèrent un très grand nombre de fibres tangentielles passant d'une paroi à l'autre de cette scissure : c'étaient des fibres d'association (*fibræ arcuatæ*). Dans la quatrième couche, les fibres myéliniques deviennent si nombreuses et si serrées qu'elles ne laissent entre elles presque plus d'espace. Le trajet des fibres à myéline à travers l'écorce est relativement long ; celles qui ne se projettent pas, sous forme de radiations, de la substance blanche dans l'écorce, mais suivent d'autres directions, doivent être considérées comme servant à relier (*Verbindungen*) différents territoires corticaux : ce sont encore des *fibræ arcuatæ*, mais au sens le plus étendu du mot. Exner répète qu'il n'a jamais pu constater de « division » des fibres à myéline ; il n'admet donc point la description de Gerlach d'où est sorti le fameux réseau.

Exner avait appliqué sa méthode à l'étude histologique d'autres parties du système nerveux central, telles que le cervelet et la moelle épinière. Avant la méthode à base d'hématoxyline, de Weigert, la méthode d'Exner, méthode de coloration des gaines de myéline, avait donc fait voir, avec plus de précision et de relief qu'on n'y avait réussi jusqu'alors, les directions et les connexions de ces grandes voies nerveuses centripètes qui seules expliquent, par le retentissement ou la projection du monde extérieur jusqu'à l'écorce cérébrale, la vie tout entière des représentations, les fonctions de l'intelligence. Rien de plus frappant, à cet égard, que les deux schémas de l'écorce cérébrale de Meynert et d'Exner : l'un montre les formes et la disposition des corpuscules nerveux, qui sont la condition même de l'élaboration des processus psychiques ; l'autre ne laisse guère apercevoir qu'un feutrage de fibres nerveuses à myéline, dont le caractère change aux différents niveaux de l'écorce : là passent les grandes voies ascendantes et descendantes qui amènent et emportent la matière première en quelque sorte et les produits de cette élaboration : les deux méthodes se complètent.

Par quels caractères propres la cellule nerveuse se distingue-t-elle au point de vue objectif des autres éléments anatomiques des centres nerveux ? Golgi définit la cellule nerveuse, une cellule munie d'un prolongement spécial, toujours unique, différent de tous les autres, et destiné à relier cet élément aux fibres nerveuses. Quelle est la nature de la substance qui forme le corps de la cellule nerveuse ? Selon Golgi, les caractères du protoplasma véritable faisaient défaut à la substance, de structure

fibrillaire, du corps cellulaire, aussi bien qu'à celle des prolongements protoplasmiques ; cette substance n'était qu'une « formation secondaire du protoplasma primitif ». Le protoplasma vrai n'existait que dans la partie centrale de la cellule nerveuse qui environne le noyau. GOLGI a rappelé que la structure fibrillaire de la cellule nerveuse avait déjà été reconnue par REMAK (1853), et que d'autres observateurs (BEALE, FROMMAN, KÖLLIKER) en avaient également fait mention jusqu'à ce que SCHULTZE (1865, 1868, 1871), en étudiant les grosses cellules nerveuses du cerveau des torpilles, pût se convaincre de la structure fibrillaire, non seulement du corps cellulaire de ces éléments, mais de leurs prolongements : structure fibrillaire non absolument pure, d'ailleurs, car SCHULTZE découvrit qu'entre les fibrilles il existait une substance finement granuleuse, contenant un pigment jaune-brun ; cette substance granuleuse ou ces granulations interfibrillaires se continuaient dans les prolongements de la cellule.

Ce sont là des observations dont la portée n'échappera à aucun des histologistes qui connaissent les travaux actuels sur ce sujet, j'entends sur la nature des parties chromatiques et achromatiques de la cellule nerveuse, de NISSL, de BENDA, de LUGARO, etc. Il n'y a pas jusqu'à la question des mouvements amiboïdes du protoplasma cellulaire, question que l'on ne fait remonter qu'à RABL-RÜCKHARD en général, qui, dès 1868, ait déjà été agitée par WALTHER (1) : il estimait que les cellules nerveuses ont le pouvoir d'exécuter, dans une certaine mesure, des mouvements *amiboïdes*. WALTHER avait pu observer directement ce fait sur les cellules nerveuses de cerveaux congelés de grenouilles, au moment de la décongélation de ces cellules. REKLINGSHAUSEN et POPOFF (2) instituèrent ensuite des expériences qui parurent démontrer la *persistance* de la *contractilité du protoplasma cellulaire des cellules nerveuses*.

Les prolongements de la cellule nerveuse sont de deux sortes : l'un, toujours unique, affirmait GOLGI, et qui va constituer le cylindraxe d'une fibre nerveuse à myéline, est le *prolongement nerveux* ; les autres, dont le nombre peut s'élever de trois à vingt et au delà, et dans lesquels circule la substance du corps cellulaire, sont désignés, quoiqu'un peu inexactement, disait-il, du nom de *prolongements protoplasmiques*. Physiologiquement, toutes les cellules nerveuses sont donc unipolaires ; ce n'est que morphologiquement qu'elles sont multipolaires. Quel est le mode de terminaison de

---

(1) WALTHER. *Untersuchungen üb. das Centralnervensystem*. Centralbl. f. med. Wissensch., 1868, p. 451.

(2) POPOFF. *Ueber Veränderungen im Gehirn bei Abdominaltyphus und traumatischer Entzündung*. Travail de l'Institut pathol. de REKLINGSHAUSEN à Strasbourg. Arch. f. patholog. Anat. u. Phys. v. VIRCHOW, t. 63, 1875.

ces prolongements protoplasmiques? On avait supposé que leurs ramifications ultimes s'anastomosaient directement, de manière à former un réseau inextricable de fibrilles nerveuses amyéliniques, donnant pourtant naissance à leur tour à des fibres à myéline. Dans cette hypothèse, alors la plus généralement admise, les cellules nerveuses affectaient deux modes de connexion avec les fibres nerveuses : d'une part, au moyen des prolongements nerveux ou cylindraxiles ; de l'autre, au moyen des ramifications des prolongements protoplasmiques du réseau de Gerlach. On expliquait par ces anastomoses fibrillaires les actions réflexes du cerveau et de la moelle, et les rapports fonctionnels des différentes régions du système nerveux. Malheureusement, les plus célèbres histologistes, Deiters, Max Schultze, Kölliker, Krause, etc., n'avaient jamais pu apercevoir ces anastomoses. Or, s'il était une méthode capable de révéler ces anastomoses, au cas où elles existeraient, c'était certainement celle de la coloration noire, qui fait saillir, avec un si grand relief, les plus fines et les plus délicates arborisations nerveuses. Un examen minutieux de plusieurs centaines de préparations n'avait jamais permis à Golgi de découvrir, fût-ce une seule fois, une de ces anastomoses : « Il est vrai, disait-il, que, bien souvent, deux prolongements protoplasmiques, allant directement l'un vers l'autre, produisent l'impression d'une fusion réciproque, surtout si l'on observe avec de faibles grossissements ; mais un examen attentif, à l'aide de plus forts objectifs, nous fait facilement reconnaître que ce n'est là qu'une apparence, résultant d'un simple contact. » (*Sulla fina Anat.*, p. 19.)

Selon Golgi, loin de donner naissance à un réticulum nerveux, les ramifications des prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses, dont l'orientation vers la surface des circonvolutions était bien connue, allaient isolément se mettre en rapport avec les cellules de la névroglie et avec les parois des vaisseaux sanguins qui rampent dans l'écorce. La fonction des prolongements protoplasmiques devait donc être de nature purement *trophique* : ils servaient à la nutrition de la cellule nerveuse. « Je pense, disait Golgi, qui a persisté, avec quelques-uns de ses nombreux élèves, dans cette doctrine, que ces prolongements sont les canaux par lesquels, des vaisseaux sanguins et de la névroglie, le plasma nutritif arrive aux éléments essentiellement nerveux ; il serait du reste difficile de comprendre par quelle autre voie la matière nutritive arriverait à ces éléments. » Si les fibres nerveuses ne dérivent ni directement ni indirectement des prolongements protoplasmiques, il est clair que ces prolongements ne pouvaient servir à relier les différents territoires cellulaires de l'écorce, soit au moyen d'anastomoses diverses, soit dans l'hypothèse d'un réticulum nerveux diffus.

Quelle est alors, pour GOLGI, l'explication anatomique de l'origine des fibres nerveuses de la substance grise ? Comment s'établissent entre les cellules, considérées individuellement, et les différentes régions de l'écorce, ces rapports fonctionnels dont il faut admettre l'existence ? Quant à la première question, celle de l'origine des fibres nerveuses dans les diverses provinces du système nerveux central, le prolongement nerveux, sans doute d'origine nucléaire, loin de se maintenir indivis jusqu'à ce qu'il ait constitué le cylindraxe d'une fibre à myéline, émet toujours, à une distance plus ou moins grande de la cellule, des ramuscules arborescents, dont la forme varie, et sert à distinguer les fibres nerveuses en deux catégories distinctes : 1° les unes, tout en émettant des fibrilles secondaires latérales, conservent leur individualité propre ; 2° les autres se subdivisent en fins ramuscules à une petite distance de leur origine et perdent toute individualité propre. Mais les unes et les autres, quoiqu'en des proportions très diverses, ne laisseraient pas de concourir, par ces ramifications secondaires, à la formation d'un réseau nerveux qui existerait dans toute l'épaisseur de la substance grise. GOLGI incline à croire que ces innombrables ramifications des *prolongements nerveux* s'anastomosent entre elles pour former un véritable réseau, et non un simple entrelacement. C'est au moyen de ce *réseau cylindraxile* qu'on doit s'expliquer les rapports anatomiques et fonctionnels qui relient les éléments cellulaires des différentes régions de l'écorce cérébrale.

Les *fibres de la première catégorie,* qui n'émettent qu'un petit nombre de rameaux latéraux avant de devenir le cylindraxe d'une fibre à myéline, sont issues de cellules nerveuses qui rappellent celles des cornes antérieures de la moelle épinière. Les *fibres de la deuxième catégorie* sortent de cellules qui ont plutôt l'aspect des cellules des cornes postérieures et de la substance de ROLANDO. De là deux types de cellules nerveuses en rapport avec ces deux catégories de fibres nerveuses. Les cellules du premier type seraient *motrices,* celles du second *sensitives* ou *sensorielles.* Outre ces variétés morphologiques, des différences chimiques ou autres correspondraient peut-être aux différences de fonctions de ces cellules. Quant au consensus physiologique que l'on constate entre les régions sensitives ou sensitivo-motrices et les régions sensorielles de l'écorce cérébrale, GOLGI l'explique encore par les anastomoses reliant, dans son réseau nerveux diffus de l'écorce, les fibrilles émanées des prolongements nerveux moteurs des cellules du premier type avec celles, en nombre infiniment plus grand, des prolongements nerveux sensitivo-sensoriels des cellules du deuxième type. « Quelle autre signification pourrions-nous attribuer, écrivait GOLGI, aux fibrilles qui, émanant du prolongement nerveux des cellules du premier type (supposées *motrices* ou *psycho-motrices*),

vont se perdre dans le réticulum diffus, constitué essentiellement de prolongements nerveux des cellules du deuxième type (cellules *sensitivo-sensorielles* ou *psycho-sensitivo-sensorielles*) », si ce n'est celle d'assurer les *rapports physiologiques* existant entre les nerfs de la *motilité* et ceux de la *sensibilité?* « La connaissance de ces rapports histologiques peut rendre raison du *mécanisme des actions réflexes,* qu'on avait jusqu'ici cherché dans les prétendues anastomoses directes des prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses ou dans le réseau diffus, également hypothétique, résultant de l'infinie subdivision de ces mêmes prolongements protoplasmiques. »

Mais l'idée d'une *transmission nerveuse isolée,* soit *centripète,* soit *centrifuge,* entre deux cellules ou deux groupes de cellules nerveuses, centrales ou périphériques, n'a point de base anatomique dans cette conception d'un réseau nerveux diffus de l'écorce, constitué, non par l'anastomose des prolongements directs des cellules nerveuses, mais par les ramifications ultimes et latérales de leurs cylindraxes. Les cellules et les fibres *motrices* présenteraient seules les conditions d'une transmission directe des régions centrales aux noyaux gris de l'axe spinal. Quant aux organes périphériques de la sensibilité générale et spéciale, ils ne sauraient être qu'indirectement en rapport avec des groupes ou des territoires de cellules centrales extrêmement étendues. Telle est bien, en effet, la doctrine de Golgi. Chaque fibre nerveuse, loin de se trouver isolément en rapport avec une cellule, est, au contraire, dans la plupart des cas, en connexion avec des groupes étendus de cellules. Inversement, chaque cellule nerveuse des centres nerveux peut être en rapport avec un certain nombre de fibres ayant probablement une fonction différente. Tout au plus pourrait-on parler, pour concilier les faits anatomiques avec la doctrine des localisations fonctionnelles du cerveau, de voies de transmission nerveuse « électives », et de territoires corticaux où certaines fonctions nerveuses « prévaudraient », mais sans délimitation rigoureuse.

Enfin, les variétés morphologiques des éléments nerveux correspondent-elles à des fonctions différentes de ces éléments? La distinction de ces organites en cellules motrices, sensitives ou sensorielles, qu'invoquait tout à l'heure Golgi, en se référant aux différences de structure des cornes antérieures et postérieures de la moelle épinière, a-t-elle quelque apparence de vérité? Golgi nie qu'il y ait à tenir compte de la forme ou de la grandeur des cellules nerveuses pour la connaissance de leurs fonctions. Certes, les cellules du premier type, qui sont motrices, sont grandes; celles du second type, qui sont vraisemblablement de nature sensitive ou sensorielle, sont petites : « mais il y a trop d'exceptions à cette règle pour qu'on puisse en dégager une loi générale. » Bref, on ne saurait rien

conjecturer de certain sur la fonction de telle cellule ou de tel groupe de cellules nerveuses, si l'on n'observe les rapports de ces éléments avec les fibres de la première ou de la seconde catégorie, c'est-à-dire avec des fibres de nature motrice, ou de nature soit sensitive, soit sensorielle. C'est donc dans la nature des prolongements nerveux, et dans ses connexions anatomiques, non dans la forme de la cellule, que se trouve à cet égard le seul critérium digne de foi. Ajoutez que, si la structure anatomique des cellules nerveuses ne saurait nous renseigner sur leurs fonctions, on chercherait également en vain, selon GOLGI, à découvrir soit dans la disposition des couches stratifiées de l'écorce, soit dans celle de prétendues zones spéciales du cerveau, une indication physiologique quelconque. Dans toutes les régions des centres nerveux, les deux types de cellules qu'il a distingués se trouvent, dit-il, réunis et confondus. Il concède, il est vrai, que les unes ou les autres prévalent dans certaines zones ou se trouvent même séparément groupées dans une même zone.

Ce fut même pour soumettre à un examen nouveau les doctrines alors reçues de MEYNERT et de BETZ (1) à ce sujet que GOLGI étudia deux circonvolutions cérébrales de fonction très différente, la frontale ascendante, qui fait bien partie de la zone motrice, et la première circonvolution du lobe occipital, siège reconnu d'une fonction des sens spéciaux (vision).

La FA appartient au type général de structure de l'écorce, c'est-à-dire au type à cinq couches de MEYNERT. En réalité, GOLGI ne trouva dans cette circonvolution que trois formes distinctes de cellules : *a*, des cellules *pyramidales* (1re, 2e, 3e couches de MEYNERT) ; *b*, des cellules *fusiformes* (5e couche de MEYNERT) ; *c*, des cellules *globuleuses* ou polygonales, à angles émoussés (4e couche de MEYNERT). Il ne put reconnaître l'existence de couches stratifiées nettement isolées. Toutefois, si les cellules globuleuses se rencontrent dans toute l'épaisseur de l'écorce, elles abondent surtout au voisinage des amas de cellules fusiformes, lesquelles ne se trouvent presque exclusivement que « dans les couches les plus profondes de l'écorce ». Quant aux cellules pyramidales, qui existent bien dans toute l'écorce, elles occupent surtout les régions supérieure et moyenne de l'écorce. GOLGI propose de diviser l'écorce cérébrale, non plus en cinq couches, mais en trois : 1° en une *couche superficielle* comprenant le tiers supérieur de l'écorce, formée presque exclusivement de petites cellules pyramidales ; 2° en une *couche moyenne*, occupant le tiers moyen de l'écorce, et constituée par des cellules pyramidales moyennes et grandes, ces dernières surtout au voisinage de la couche suivante ; 3° en une *couche profonde*, ou du dernier tiers de l'écorce, où, quoique les cellules pyramidales moyennes et petites ne manquent pas, ce sont des cellules globuleuses et des cellules fusiformes, plus nombreuses qu'en aucune autre région de l'écorce, qui dominent. De même, pour l'étude de la O_1, GOLGI nie que les divisions de cette région en sept ou huit couches (CLARKE, MEYNERT, HUGUENIN) aient aucun fondement.

---

(1) BETZ in Kiew, *Ueber die feinere Structur der Gehirnrinde des Menschen*. Centralblatt f. d. medicin. Wissenschaten, 1881, p. 193, 209, 231.

Pour Golgi, les différences de fonctions de ces deux circonvolutions s'expliquent uniquement par la direction et les rapports périphériques des fibres nerveuses. La spécificité de fonction des diverses zones cérébrales dépend, en effet, non point de l'organisation de ces zones elles-mêmes, mais de la spécificité des organes périphériques, en rapport avec les nerfs à direction centripète ou centrifuge. Il n'existe pas d'autre moyen de déterminer l'activité spécifique des cellules nerveuses que l'étude de leurs prolongements nerveux. Toutefois, arrivé au terme de son grand ouvrage, dans un *Appendice*, Golgi s'est un peu départi de son scepticisme scientifique; il parle et il croit qu'on a le droit de parler de *cellules motrices*, voire de cellules *sensitives* et *sensorielles*, et cela parce qu'il est arrivé, par des procédés de technique, à surprendre les rapports directs des nerfs moteurs avec les cellules des cornes antérieures de la moelle épinière.

Où fallait-il chercher, dans l'hypothèse qu'il en existe, des cellules incontestablement *motrices*? Dans la zone motrice du cerveau? Mais cette zone renferme en même temps, sans doute confondues avec les éléments moteurs, des cellules *sensitives*. Dans le cervelet? C'est un champ de recherches plus obscur encore. Dans la moelle épinière? Mais, même pour les cellules des cornes antérieures, le moyen d'affirmer qu'on a bien affaire à une cellule motrice, tant qu'on n'a point vu son prolongement nerveux constituer une fibre des racines antérieures? A cet effet, au lieu de la moelle d'un adulte, Golgi ici encore le véritable précurseur de Ramon y Cajal, soumit à ses réactifs des moelles de fœtus et de nouveau-nés, et parce que la gaine médullaire, enveloppant le cylindraxe, ou fait encore défaut ou est rudimentaire, et parce qu'avec la coloration noire la fine et délicate structure des éléments nerveux apparaît avec d'autant plus de netteté que les tissus sont plus jeunes. Voilà comment Golgi découvrit que les cellules des cornes antérieures de la moelle épinière sont bien en rapport direct, quoique non isolé, avec les nerfs périphériques du mouvement : « Aujourd'hui je me sens autorisé à supprimer, sinon toutes, du moins la plus grande partie des réserves que j'ai faites quant à l'interprétation de la nature physiologique des deux types différents de cellules nerveuses. Au lieu de dire, comme je l'ai fait jusqu'ici : Les cellules du premier type sont en rapport direct, non isolé, avec les fibres nerveuses ; je pourrai dire dorénavant, et avec toute raison : Les cellules nerveuses motrices (*cellule nervose motrici*) sont en rapport, non isolé, avec les fibres nerveuses (du mouvement). » Quant aux autres cellules nerveuses, à celles du deuxième type, dont le prolongement nerveux se subdivise en fibrilles de plus en plus ténues, qui vont constituer le réseau nerveux diffus de l'écorce cérébrale, « elles peuvent désormais

être considérées avec plus de fondement comme des cellules de sensibilité (*cellule di senso*).

De ces études de GOLGI sur l'histologie des centres nerveux se dégageait une conception de la structure de l'écorce cérébrale qui fournit déjà une base scientifique aux expériences des physiologistes et aux observations des cliniciens sur les fonctions du système nerveux central. FERRIER et EXNER avaient vu, comme TAMBURINI et TRIPIER, soit l'excitation expérimentale, soit les lésions, irritatives ou destructives, des centres corticaux de la sensibilité générale ou spéciale, déterminer des réactions motrices et, inversement, l'excitation ou les lésions des zones motrices, provoquer des troubles de la sensibilité. L'hypothèse de TAMBURINI (1876) sur la nature mixte de tous les centres de l'écorce trouvait, dans la thèse suivante de GOLGI, une base anatomique. Dans les différentes zones de l'écorce cérébrale, les fonctions de la sensibilité et celles de la motilité ne sont pas plus distinctes et séparées, d'une manière absolue, que ne le sont les deux types de cellules du mouvement et de la sensibilité; anatomiquement, les deux formes d'activité spécifique du système nerveux central ont un siège commun, où leurs éléments se juxtaposent, se confondent ou se mêlent en proportions diverses. (GOLGI, *Considérations anatomiques sur la doctrine des localisations cérébrales,* Arch. ital. de biol., II, 1882, p. 249.) Cette thèse ne vaut point, à la vérité, pour tout le système nerveux central : GOLGI reconnaît que les régions motrices et sensitives de la moelle épinière, que les cellules nerveuses des cornes antérieures et postérieures sont rigoureusement distinctes anatomiquement. « Cependant, ajoutait-il, même pour la moelle, il semble que l'exception ne peut être considérée comme absolue. » Déjà GOLGI fonde sur l'existence des deux types distincts de ses cellules nerveuses, mêlées et confondues dans toutes les provinces du système nerveux central, une loi générale, qui depuis a été souvent vérifiée, celle de « la non-divisibilité des deux formes d'activité spécifique (sensibilité et mouvement) du système nerveux central ». Ainsi, « il y aura mélange, dit-il, du siège anatomique central de la *sensibilité tactile* et de l'*activité psycho-motrice* », du « siège anatomique du sens de la vue et de l'activité motrice qui se rapporte aux mouvements volontaires du globe oculaire ». De même pour la fonction olfactive et auditive. « Je laisse de côté le sens du goût, sur lequel mes recherches ne sont pas encore bien précises, tandis que pour la vision, l'odorat et la sensibilité commune, les résultats de mes recherches histologiques, concernant les centres cérébraux relatifs, sont très probants. » (*Ibid.*, p. 252.) Ainsi, « les différences fonctionnelles propres aux diverses circonvolutions cérébrales trouvent leur raison d'être, non pas dans les particularités de structure de ces circonvolutions,

mais dans les rapports des circonvolutions avec les fibres périphériques des sens : la spécificité de fonction des différentes zones cérébrales serait déterminée par la spécificité de l'organe auquel, périphériquement, les fibres nerveuses vont aboutir, et non point par une spécificité d'organisation anatomique de ces zones. »

C'est la doctrine de MEYNERT. Quoique MEYNERT eût admis « des localisations fonctionnelles » dans l'écorce cérébrale, et que les différentes aires corticales lui parussent avoir subi une différenciation physiologique évidente, par exemple celle du lobe olfactif chez les animaux osmatiques, et celle du langage articulé chez l'homme ; quoique, avec les physiologistes et les cliniciens, il divisât l'écorce en territoires sensoriels et en territoires d'innervation motrice, le grand anatomiste de Vienne enseignait que « les énergies spécifiques des cellules nerveuses ne sont que le résultat des différences existant dans les organes terminaux des nerfs, et que la seule énergie spécifique de la cellule nerveuse, c'est la sensibilité (*Empfindungsfæhigkeit*). » MEYNERT a même été amené ainsi à soutenir que les centres prétendus moteurs de l'écorce cérébrale ne sont, en réalité, que des centres de sensibilité générale. C'était, pour MEYNERT, une explication superflue que celle de JEAN MULLER, qui attribuait aux différentes régions du cerveau des énergies fonctionnelles spécifiquement différentes. La cellule nerveuse ne possède qu'une seule énergie fonctionnelle : la *sensibilité,* qui n'est qu'un mode de l'irritabilité. L'hétérogénéité des sensations de la vue, de l'ouïe, de l'odorat, etc., dépendent uniquement : 1° de la diversité de nature des forces du monde extérieur qui sont nécessaires à la production de ces sensations ; 2° de la structure des organes terminaux des nerfs des sens. Bref, c'est à la structure des appareils périphériques des sens, non aux énergies spécifiques des cellules nerveuses des différentes aires corticales du cerveau, que MEYNERT a rapporté les différents modes de la sensibilité générale et spéciale. Seule, la fibre musculaire devrait être appelée motrice, et non pas le nerf ni la cellule nerveuse qui innervent le muscle : « Le nerf ni la cellule nerveuse ne renferment un principe moteur. » (MEYNERT, *Psychiatrie. Klinik der Erkrankungen des Vorderhirns,* Wien, 1884, 127).

Seul le muscle est moteur, a écrit de son côté HÖSEL, non le nerf qu'on qualifie ainsi et qui provoque seulement la contractilité du muscle auquel il se distribue comme à un organe des sens. Ce n'est qu'une analogie, mais HÖSEL l'a faite (1). Il est certain, nous

---

(1) *Association und Localisation.* Allg. Zeitschr. f. Psych. LIV, 1897, 330. Le stimulus, au lieu de venir du dehors, arrive seulement du dedans au muscle ou à la glande. La plaque musculaire est un transformateur d'énergie comme tout organe des sens.

l'avons souvent répété, que le neurone moteur périphérique, et tout nerf capable de provoquer l'activité d'un muscle strié ou lisse, ou d'une glande, n'est pas plus moteur que « les racines postérieures ne sont sensitives, que le nerf optique n'est visuel ». Physiologiquement, la sensibilité *optique* n'est qu'une propriété des cônes et des bâtonnets de la rétine, les corpuscules du tact sont seuls *sensitifs*, le muscle seul est *moteur*. « Les localisations, écrit Hösel, situent le phénomène physiologique de la vision consciente dans le *lobe occipital*, celui de l'audition consciente dans le *lobe temporal*, celui du toucher conscient dans les *circonvolutions centrales*. Si un stimulus parti de la rétine, condition de la sensation lumineuse, arrivé à l'écorce du lobe occipital pouvait être la cause d'une réaction motrice consciente, ce stimulus, qui à l'origine était purement capable de produire une sensation lumineuse, devrait maintenant être susceptible de déterminer un mouvement; il posséderait deux formes de réaction qui diffèrent *toto cœlo*. Mais si la radiation optique de Gratiolet, avec sa station terminale dans l'écorce du lobe occipital, a des fonctions proprement optiques, elle ne laisse pas de posséder à la fois des fonctions proprement motrices : elle peut en même temps servir à la production de deux phénomènes psychologiques entièrement différents. Il en est de même naturellement pour l'ouïe. Dès qu'une onde sonore transformée a pénétré dans le lobe temporal, son corrélatif psychologique est une sensation acoustique ; mais si elle continue à progresser, son corrélatif psychologique est aussi en même temps un mouvement, partant un événement d'ordre tout à fait hétérogène. Il suit de là que le stimulus transformé de l'onde éthérée se propage bien sans doute par le nerf optique jusqu'à la station la plus prochaine, mais qu'une fois cette station dépassée, il n'y a point de nécessité absolue qu'il prenne la route du lobe occipital ; il peut s'engager aussi bien dans toute autre voie et arriver, par des détours, dans le lobe temporal ou dans les circonvolutions centrales, bref, suivre des voies dites communément sensibles ou motrices. Il le peut, parce qu'il est devenu homologue, *adéquat* (1), à tout le système nerveux de transmission et de propagation de l'onde nerveuse : il peut se propager par n'importe quelle voie à n'importe quel point, à l'écorce cérébrale aussi, et provoquer des processus d'association soit corticaux, soit sous-corticaux. Si cette manière de voir est juste, *tout notre système nerveux*, à l'exception de nos appareils nerveux périphériques, *est un organe d'association*, et les fonctions d'association ont lieu partout où existent des voies nerveuses, donc aussi bien dans les centres corticaux et sous-corticaux que dans les centres de sensibilité et d'association de Flechsig, et toutes les fibres nerveuses, fibres périphériques, fibres de projection, fibres de commissuration prennent part, *proprio sensu*, aux processus d'association. »

Munk enseigne que, après l'extirpation totale de l'écorce du lobe occipital, l'animal ne reconnaît plus le morceau de viande placé devant lui. C'est un fait. Mais, pour l'expliquer, il ne faut pas, au dire d'Hösel, en inférer que le chien ne *reconnaît* plus parce que sa sphère

(1) Car « la force vive de tout stimulus, physique ou chimique, agissant sur un organe des sens, doit être *transformée* en une autre énergie avant de pouvoir agir d'une manière efficace sur le système nerveux ». La « loi de transformation des excitations » périphériques des organes des sens a probablement pour but, suivant Hösel, de « transformer toutes les excitations physiques et chimiques les plus variées qui affectent notre système nerveux en un stimulant *(Reiz)* unique, homologue, adéquat à tout le système nerveux constitué par les conducteurs », c'est-à-dire par les fibres nerveuses. Cette transformation a lieu à la périphérie, non dans les centres sous-corticaux ; ce qui l'établit, c'est que les nerfs périphériques ne se distinguent ni chimiquement ni morphologiquement des nerfs des centres ; ils ne servent donc pas à d'autres fonctions.

visuelle, siège de sa vision consciente, est détruite. Il ne reconnait plus, parce que le stimulus transformé de l'onde d'éther parti de ce morceau de viande ne peut plus lui arriver dans le lobe occipital pour y faire apparaître, par voie d'association, le phénomène complexe de la vision consciente, phénomène dans lequel entre certainement non seulement un élément sensoriel, mais un élément moteur. Les troubles de la vision constatés par Goltz après l'ablation des lobes antérieurs du cerveau, troubles qui compliquent ceux de la motilité et de la sensibilité générale, sont également l'effet de la solution de continuité des fibres d'association, des fibres du corps calleux et de la couronne rayonnante, qui relient, directement ou indirectement, les régions antérieures du cerveau avec le lobe occipital. Telle est l'explication que donne Hösel des troubles visuels constatés par Goltz dans ces expériences. Mais, tout en n'enlevant que les régions qui correspondent à la sphère sensitive (*Fühlssphäre*) de Munk, Goltz devait aussi observer des troubles de l'ouïe, des troubles des sens les plus divers, parce que « le corrélatif psychique de la vision, comme énergie spécifique, ou de la sensibilité générale, ou de l'audition, ne peut être localisé à un territoire déterminé de l'écorce, et que d'un territoire cortical l'excitation peut se propager à tous les autres territoires de l'écorce grâce aux connexions qui les associent dans toutes les directions possibles ». L'amendement progressif des troubles consécutifs à ces traumatismes opératoires, après quelques semaines, ont suggéré les explications les plus diverses. Munk estime qu'au pourtour des points extirpés se déposent de nouvelles images mentales permettant à l'animal de *réapprendre* et d'acquérir de nouvelles notions conscientes des choses par la vue. Mais, suivant Hösel, cela n'est pas nécessaire : « La reconnaissance du morceau de viande peut avoir lieu par une autre voie associative qui, dans ce cas, exigera seulement un détour, et cette association n'a pas besoin de plus de quatre à six semaines d'exercice pour se réaliser. Au lieu de reconnaître la viande au moyen de la vue, ainsi qu'il y était habitué, le chien la reconnait, après l'extirpation de la sphère visuelle de Munk, soit au moyen du toucher, soit par l'odorat. Il n'y a de changé qu'un mode d'association. La région corticale qui a été lésée demeure détruite et reste incapable de fonctionner ». Il en est de même de l'homme qui devient aveugle : le tact supplée la vue.

Meynert a réfuté l'opinion qui voit, dans les petites pyramides, des cellules de sensibilité; dans les grandes, des cellules de motilité, ainsi que l'étrange hypothèse de Wundt qui tient les unes pour jeunes, les autres pour vieilles. Lorsque les cellules de l'écorce du cerveau antérieur perçoivent les excitations externes, cette écorce, Meynert la compare d'ordinaire à une gigantesque amibe projetant dans le monde extérieur ses pseudopodes pour s'emparer de sa proie. Les nerfs de la sensibilité et ceux du mouvement sont comme des expansions grâce auxquelles l'écorce cérébrale peut explorer le milieu et le conquérir au moyen des appareils musculaires, tendineux, etc., annexés à ses prolongements nerveux moteurs :

« La substance grise et blanche du cerveau ne peut être comparée qu'à un groupe social d'êtres vivants animés, écrit Théodore Meynert (en son langage d'une poésie si profonde, mais souvent si obscure, qu'il rappelle celui d'Héraclite) : ce n'est point là une simple comparaison, c'est un

fait (1). A ces êtres protoplasmiques appartiennent des manifestations psychiques, tout autant qu'aux colonies de monades d'EHRENBERG, aux rhizopodes de MAX SCHULTZE. Les fibres nerveuses qui sont liées à ces *organismes élémentaires*, nous pouvons les comparer à des *tentacules* (*Fühlfaden*), et, en tant qu'ils innervent des appareils moteurs, à des *bras préhensiles* (*Fangarme*) : c'est ainsi que les gromies et les amibes se servent de leurs prolongements ; la seule différence, c'est que les filaments nerveux sont des formations permanentes. La forme ou l'ordre suivant lequel cette colonie sociale de cellules se range dans l'écorce cérébrale est une disposition tactique pour triompher de la nature extérieure et s'en emparer. Le corps est une sorte d'armure, la propriété collective incontestable de la colonie ; il fait un avec elle ; comparez le bouclier protecteur des soldats romains allant au combat. Au dehors de l'épiderme s'étend jusqu'aux étoiles le domaine illimité de ce qu'on nomme le monde extérieur, de l'image du monde, dont cette colonie d'organismes élémentaires se rend maîtresse pour la contemplation et aussi en partie pour l'action... Le résultat de cette prise de possession du monde par plus d'un milliard d'êtres armés de tentacules et de bras, c'est l'embrasement de la conscience par des images lumineuses, sonores, olfactives, sensitives. Dans ses hémisphères, le cerveau est comparable à une colonie d'êtres vivants et conscients qui ont fait la conquête de l'image du monde au moyen d'appendices tentaculaires et de bras, et c'est là plus qu'une simple comparaison. Seule, la conscience de l'écorce cérébrale tombe chez l'homme sous l'attention, et grâce aux connexions universelles, protoplasmiques et fibrillaires, des êtres élémentaires de l'écorce, grâce à leurs processus d'association, *elle s'apparaît comme un seul être*. Dans cette conscience, qui est la *résultante* phénoménale d'innombrables fonctions d'unités cellulaires, l'animal s'apparaît à lui-même comme ne faisant qu'un seul être. La conscience de l'écorce cérébrale paraît être pour l'homme la seule sensible, quoique nous voyions des animaux sans écorce cérébrale encore capables de beaucoup de perceptions et d'actions conscientes. Cette conscience en apparence exclusive de l'écorce cérébrale ne repose que sur une question de degré d'intensité qui masque, pour ce que nous nommons l'attention, les processus conscients d'autres colonies de l'Etat cellulaire du cerveau... Cette différence d'intensité, d'où naît notre illusion à ce sujet, correspond, chez l'homme, à la masse prédominante de la colonie corticale, et l'unité résultant de

---

(1) TH. MEYNERT. *Das Zusammenwirken der Gehirnteile*, p. 2. Berlin, Hirschwald, 1890, in-8° (X internat. medicin. Congress).

cette universalité de connexions protoplasmiques de ses individus élémentaires, existe aussi, parce que en dehors du réseau des cellules associées, où les courants sont lents et difficiles, il y a encore une autre conduction, au cours rapide, reliant toutes les distances et toutes les directions de la colonie, au moyen des fibres à myéline des systèmes d'association. » L'écorce du cerveau, que Meynert appelle la capitale de l'Etat cérébral (capitale qui, chez l'homme, est « plus grande que les provinces » de cet Etat) est « le siège principal de l'intelligence ». « Chez un animal purement spinal, tel que l'amphioxus, il ne peut exister de conscience corticale. Dans des cerveaux tels que ceux de la taupe et de la chauve-souris, où l'écorce cérébrale n'est qu'une sorte de coiffe recouvrant les autres parties du cerveau, ici beaucoup plus considérables, la conscience corticale ne saurait prédominer. » Bref, « on doit éviter de chercher à distinguer entre elles les cellules et les fibres nerveuses, et à supposer des différences dans leurs processus internes. L'état interne des cellules nerveuses, c'est l'aptitude à sentir (*Empfindungsfæhigkeit*) que la nutrition et les stimuli extérieurs transforment en sensation (*Empfindung*). Avons-nous le droit de supposer, pour ces êtres simples, homogènes en apparence, des différences dans cette capacité de sentir ? »

Au point de vue phylogénique il paraît bien, en effet, que c'est des cellules constituant le feuillet cutané de la gastrula que sont sortis, à travers les âges, tous les organes des sens. Démocrite avait déjà considéré ceux-ci comme des parties différenciées de l'épiderme, et toutes les sensations comme des modifications du toucher. La science a démontré depuis que les différents organes des sens n'étaient que des parties différenciées et transformées du tégument cutané : toutes les cellules nerveuses de ces organes sont la postérité de cellules épidermiques modifiées par l'adaptation. Il suit que les sensibilités spéciales ou spécifiques de l'ouïe, de la vue, du goût, de l'odorat se sont développées de la sensibilité générale (E. Haeckel, Huxley) : elles ne sont que des cas de spécialisation de cette dernière (Grant Allen). « A mesure que l'être vivant s'élève et se perfectionne, a dit Claude Bernard, ses éléments cellulaires se différencient davantage : ils se spécialisent par exagération de l'une des propriétés au détriment des autres. » (*Leçons sur les phénomènes de la vie*, etc., I, 368.) C'est précisément sur cette « spécialisation » qu'est fondée la doctrine de la spécificité fonctionnelle des différents centres de la sensibilité générale et spéciale de l'écorce cérébrale. L'hétérogénéité fonctionnelle des éléments nerveux constituant ces centres résulterait de cette observation vulgaire que la destruction des aires corticales de la vision, par exemple, n'abolit que cet ordre de sensation en laissant sub-

sister celles du son, de l'odorat, du goût, du tact ou de la pression. En outre, les effets de cette destruction locale d'un sens sembleraient bien prouver que ses éléments centraux ne sont point disséminés sur toute l'écorce et confondus pêle-mêle avec les autres éléments centraux de la sensibilité générale et spéciale.

La doctrine d'une diversité spécifique, non pas absolue sans doute ni primitive, mais acquise par l'adaptation et fixée par l'hérédité, des différents centres sensitifs et sensoriels de l'écorce cérébrale, a reçu des travaux de Hermann Munk une démonstration expérimentale, démonstration dirigée contre W. Wundt, dont les idées à ce sujet ne diffèrent guère de celles de Meynert.

Les éléments nerveux de l'écorce cérébrale étant fonctionnellement indifférents, selon l'auteur des *Éléments de psychologie physiologique*, la fonction de chacun des centres du manteau résulterait simplement de ses connexions avec un appareil périphérique des sens et de la répétition d'un mode uniforme d'excitation. Si la fonction des éléments nerveux d'un de ces centres vient à être inhibée ou abolie, d'autres éléments nerveux de l'écorce seront capables de la suppléer. Ainsi, une cellule nerveuse qui, en vertu de ses connexions anatomiques, donne une sensation visuelle, pourrait aussi bien, dans d'autres conditions, produire une sensation tactile ou musculaire. Il y a plus : une cellule nerveuse de l'écorce qui, par l'intermédiaire du réseau nerveux central de Golgi ou de Gerlach, serait en rapport avec plusieurs nerfs de sensibilité différente, pourrait réunir en soi une pluralité de fonctions différentes. La possibilité de ces suppléances des diverses régions du cerveau rendrait en tout cas inutile l'hypothèse de toute fonction spécifique des centres nerveux corticaux. Cependant l'ablation des deux sphères visuelles d'un mammifère le rend pour toujours aveugle, et la destruction d'une seule sphère visuelle détermine une hémianopsie corticale qui ne s'amende jamais. Chez les animaux nouveau-nés, avant tout exercice notable des sens, si les éléments centraux de l'écorce sont fonctionnellement indifférents, s'ils peuvent tous se suppléer, on devrait pouvoir, dit H. Munk, détruire une partie de ces éléments sans dommage aucun pour les fonctions de la sensibilité. Par exemple, si les cellules nerveuses des sphères visuelles n'ont rien qui les différencie fonctionnellement à l'origine de celles des sphères de l'audition ou du sens articulaire, on doit pouvoir les détruire impunément : l'animal verra avec les éléments d'autres régions cérébrales. C'est ce qu'avait cru observer Gudden. Mais en enlevant les sphères visuelles tout entières, chez des lapins nouveau-nés, à partir d'un millimètre en avant de la suture coronale (et non en arrière, comme Gudden), Munk a déterminé une cécité complète et durable. « La spécificité des éléments constituant les centres de sensibilité de l'écorce, qu'admet la doctrine que combat Wundt, est une spécificité qui ne diffère pas au fond de celle que présentent beaucoup d'autres éléments du corps, par exemple les cellules de sécrétion des glandes. Il n'existe pas de raison qui nous force d'admettre dans celles-ci plutôt que dans ceux-là une création nouvelle de toutes pièces, comme s'exprime Wundt. La question de savoir comment du protoplasma primordial, avec sa sensibilité élémentaire, se sont formés les éléments centraux des différents sens, est entièrement de plain-pied avec cette autre question : comment du protoplasma primordial, avec son chimisme élémentaire, se sont développées les cellules des glandes salivaires, hépatiques, rénales, etc. ? Dès qu'on le veut, on peut là comme ici se représenter le même processus de dévelop-

pement, la fixation des variations utiles reposant sur le principe de la variabilité générale (1). »

Des expériences instituées spécialement à ce sujet par MUNK il résulte que, lorsqu'on réussit à enlever entièrement les centres de la vision de l'animal peu après sa naissance, il est et demeure aveugle pour toujours. GUDDEN s'est trompé, parce qu'il a resserré dans des limites trop étroites les sphères visuelles du lapin ; ce que nous savons de l'étendue de ces sphères chez l'homme, le singe et le chien, aurait dû lui rappeler que plus un mammifère est bas placé sur l'échelle, plus le centre cortical de sa vision, relativement vaste, s'étend en avant sur le cerveau. « Mais l'essentiel, c'est que les expériences sur les animaux nouveau-nés contredisent la doctrine de WUNDT, écrit MUNK : il en résulte avec nécessité que la nature propre ou spécifique de chaque sensation repose sur le caractère propre ou spécifique, donné par la nature, des éléments ou cellules des centres corticaux de la sensibilité qui servent à cette sensation. » (*Ibid.*, p. 291.)

Un partisan des idées de GUDDEN, A. FOREL, a surtout adhéré dans le principe aux doctrines de GOLGI, et parce qu'il était arrivé personnellement à des vues analogues, et parce que ces doctrines s'accordaient en partie avec les résultats des expériences de son maître (2). Il reconnaît toutefois que le travail de GOLGI, *Recherches sur l'histologie des centres nerveux*, publié dans les *Archives italiennes de biologie* (III-IV, 1883), lui « ouvrit les yeux » (3).

FOREL a souvent répété qu'une anatomie du cerveau sans histologie est un non-sens. Avec HIS, et en même temps, il a inauguré la théorie des neurones. KÖLLIKER et MAX SCHULTZE avaient déclaré, on le sait, à maintes reprises, qu'on ne pouvait démontrer l'existence d'anastomoses dans le système nerveux central. Mais tous les anatomistes croyaient que ce mode de connexion *devait* exister et que le système nerveux se composait de deux éléments : des fibres et des cellules nerveuses. HIS administra la preuve que, chez l'embryon, les fibres motrices proviennent des grandes cellules des cornes antérieures ; les fibres sensitives, des cellules des ganglions spinaux intervertébraux. La fibre nerveuse n'est donc qu'un prolongement de la cellule, non un élément indépendant. S'appuyant sur

(1) H. MUNK. *Ueber die Functionen der Grosshirnrinde*, 2te Aufl. Berlin, 1890, p. 286.
(2) AUG. FOREL. *Einige hirnanatomische Betrachtungen und Ergebnisse*. Arch. f. Psych., XVIII, 1887.
(3) *Ueber das Verhältiniss der experimentellen Atrophie und Degenerationsmethode*, etc. Zurich, 1891, p. 7.

les résultats anciens de la méthode d'atrophie de son maître GUDDEN, et sur les faits nouveaux d'histologie dus à la méthode de GOLGI, qui prouvent que les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses se terminent librement, FOREL ne put se persuader de l'existence d'un réseau anastomotique, admis par GOLGI, formé des plus fines arborisations des prolongements nerveux des cellules ganglionnaires. D'abord, il n'avait rien pu constater de pareil sur les préparations exécutées d'après la méthode de GOLGI ; ensuite, le fait était en désaccord avec les expériences de GUDDEN sur l'atrophie des nerfs sensibles. FOREL rejeta donc l'hypothèse des anastomoses : il soutint que toutes les fibres du système nerveux n'étaient que des prolongements des cellules nerveuses se terminant librement par de libres arborisations (1887).

Les études bien connues de FOREL sur les Invertébrés lui avaient appris que, chez ces animaux, où n'existent pas de ganglions spinaux, ce sont des amas de cellules nerveuses situées sous la peau qui sont les cellules d'origine des nerfs sensitifs, dont la branche centrale s'arborise dans les ganglions de la chaîne ventrale. HIS, avec qui FOREL avait parlé de ces faits, exprima l'opinion que les ganglions spinaux des Vertébrés devaient être les homologues de ces ganglions sensitifs périphériques des Invertébrés. Au cours de l'évolution phylogénique, ces ganglions ont reculé dans l'intérieur vers les centres nerveux du névraxe, et le prolongement périphérique des cellules de ces ganglions a finalement formé le nerf sensitif. N'insistons pas davantage : il est certain que là où, comme dans la rétine, il y a, à la périphérie, des cellules nerveuses sensibles, il n'existe point de ganglions sur le trajet des nerfs correspondants. L'étude de ces problèmes complexes exige le concours d'un grand nombre de disciplines biologiques, telles que l'Embryologie, l'Anatomie comparée, l'Histologie et la Physiologie expérimentale.

Issu phylogéniquement des cellules épithéliales différenciées, ontogéniquement du feuillet germinatif externe de l'embryon, le système nerveux n'est que la postérité de ces cellules, dont il doit, par conséquent, posséder les propriétés générales, en outre des propriétés spéciales acquises au cours de l'évolution organique par l'effet de la division du travail physiologique. Ces dernières propriétés consistent surtout, selon FOREL, dans la transmission des *stimuli*, sous forme d'ondes, qu'il propose d'appeler *neurocymes* (ondes nerveuses), sans préjudice de la nature physico-chimique, encore inconnue, de ces mouvements moléculaires.

A l'hypothèse des réseaux nerveux du système nerveux central a donc succédé la démonstration d'une sorte de feutrage résultant des rapports réciproques de contiguïté des innombrables ramifications, d'une longueur et d'une finesse extrêmes, des cellules nerveuses : ces ramifications,

Forel les compare, comme l'avait fait Th. Meynert bien avant ces découvertes, à des *bras de polypes*, ce qui n'est pas une simple comparaison et paraît exprimer la nature des choses. La cellule nerveuse, avec ses prolongements et les ramifications de ses deux extrémités, est un *neurone* (Waldeyer). Le système nerveux tout entier, central et périphérique, n'est qu'un complexus immense de systèmes de neurones. Forel distingue : 1° des neurones centripètes, sensitifs ou sensoriels : ils transmettent les excitations des sens au système nerveux central ; 2° des neurones centrifuges, moteurs : ils propagent aux muscles l'onde nerveuse partie du système nerveux central. Le neurone moteur a sa cellule d'origine dans le système nerveux central : ses arborisations terminales s'appliquent, « comme des serres », sur les fibres musculaires et déterminent leur activité contractile ou motrice. Ces deux sortes de neurones périphériques sont subordonnées au prodigieux complexus de systèmes de neurones associés constituant le cerveau. La complexité extraordinaire de cet organe dépend beaucoup moins du nombre des cellules que de la multitude et de la finesse presque infinies des ramifications des neurones.

Entre le cerveau et les neurones périphériques, la moelle épinière, la moelle allongée, le cervelet, le thalamus opticus, etc., représentent des complexus de neurones intermédiaires, et, après Steiner et Edinger, Forel remarque que ces centres nerveux sont en grande partie plus anciens que le cerveau des hémisphères, et que, par conséquent, ils doivent posséder, chez les Vertébrés inférieurs, des fonctions beaucoup plus importantes que chez l'Homme. Steiner a défini le cerveau un centre nerveux, qui, d'homogène qu'il était à ceux des autres métamères, est parvenu à une sorte d'hégémonie motrice et sensorielle s'exerçant sur les autres segments du névraxe ; il a démontré expérimentalement que, chez les Poissons cartilagineux, ce n'est pas le cerveau antérieur, mais le cerveau moyen, beaucoup plus développé, qui commande (1).

Tous ces faits nous sont devenus familiers. Mais voici des remarques singulièrement pénétrantes du précurseur de la théorie des neurones. La principale source, dit Forel, des erreurs en psychologie vient de l'usage d'un grand nombre de mots qui ont été forgés à une époque où l'on ne savait encore rien de l'anatomie et de la physiologie du cerveau humain. La

---

(1) Steiner (Heidelberg). *Die Functionen des Centralnervensystems u. ihre Phylogenese.* Ire Abtheilung. *Untersuchungen ueber die Physiologie des Froschhirns.* IIte Abtheilung. *Die Fische* (1885-1888). « Le cerveau des Vertébrés s'est développé phylogéniquement du centre olfactif (II, p. 99). » Le cerveau est défini par Steiner : « Un centre général des mouvements associé aux fonctions d'un au moins des nerfs supérieurs des sens (odorat, vue, ouïe). » Cf. surtout page 110, § 4 : *la phylogenèse du système nerveux central.*

psychologie classique et l'ancienne physiologie, se croyant d'ailleurs aux antipodes, parlent pourtant également de sensations, de perceptions, de représentations, de sentiments, de volonté, etc. Pour Forel, qui repousse la distinction traditionnelle des phénomènes en somatiques et psychiques, et qui déclare défuntes et « enterrées » les facultés de l'âme, la psychologie et la physiologie cérébrale ne sont naturellement que deux études d'un même objet considéré sous deux aspects ; les deux disciplines se confondent dans une synthèse : la psycho-physiologie. La théorie des localisations cérébrales, les expériences sur le système nerveux des animaux, l'étude clinique et anatomo-pathologique des lésions en foyer de l'écorce, celle des maladies mentales et nerveuses, l'anthropologie criminelle et ses rapports avec la psychiatrie, la théorie de la suggestion, celle du sommeil et des rêves, l'étude de l'intelligence normale ou pathologique des enfants, des aveugles-nés, des sourds-muets, etc., voilà qui peut surtout apprendre comment l'écorce cérébrale fonctionne, quels troubles, partiels ou généraux, soit de nature centrale, soit de cause centripète ou centrifuge, peuvent l'affecter.

Quel est le siège des sensations ? Dans le cerveau, répond Forel, au point d'arrivée de l'onde nerveuse née de l'excitation périphérique. Là, et de proche en proche jusqu'aux derniers confins de l'organe, cette onde nerveuse réveille d'autres ondes nerveuses innombrables, ou neurocymes, dont les vibrations, plus ou moins affaiblies, sommeillaient en quelque sorte dans les neurones de l'écorce. Pour variées que soient les associations, elles n'en sont pas moins ordonnées entre elles. L' « onde d'éveil » (le mot est de Forel) modifie en partie toute la chaîne de ces neurocymes associés ; celle-ci réagit à son tour sur d'autres séries, soit en arrêtant, soit en propageant à distance les ondes nerveuses. Les ondes qui, dans l'écorce, atteignent une certaine vitesse et s'élèvent à une certaine hauteur s'écoulent en quelque sorte dans la grande voie centrifuge des fibres des faisceaux pyramidaux : ce sont les impulsions volontaires des psychologues, qui, en atteignant les organes bulbo-médullaires, excitent les cellules d'origine des nerfs moteurs et déterminent les mouvements. Les impulsions « volontaires » qui ne sont pas suivies de contractions musculaires, les grandes résultantes centrifuges de l'activité cérébrale qui sont inhibées, réfrénées, avant que les neurones de la voie des pyramides aient été actionnés ou aient pu l'être, jouent un rôle capital dans la vie psychique. Forel ne manquera pas de nous édifier à ce sujet s'il développe un jour ces rapides aperçus, car cet anatomiste est doublé d'un aliéniste et d'un neurologiste de grande marque. Peut-être admet-il, avec Breuer et Freud (*Neur. Centr.*, 1893), que ces sortes d'impulsions rentrées, si je puis dire, ces réactions arrêtées sans diver-

sions compensatrices, aussi longtemps qu'elles n'ont pas perdu leur puissance émotionnelle, et chez ces dissociés intellectuels qu'on nomme hystériques, sont une cause persistante de réveils hallucinatoires plus ou moins inconscients qui se manifestent par les phénomènes moteurs de l'attaque convulsive.

Outre la nature des synthèses d'association, la durée, la forme, l'intensité du mouvement des ondes nerveuses des neurones de l'écorce interviennent dans le processus de la pensée (*Denkprocess*). Car c'est bien des opérations de la pensée qu'il s'agit. L'activité des processus de celle-ci, ou est devenue *automatique* par le fait d'innombrables répétitions identiques ou presque identiques, ou est restée *plastique*, créatrice, capable, au moyen de combinaisons nouvelles, d'instaurer de nouveaux enchaînements de neurocymes.

Dans cette dernière catégorie de phénomènes, qui comprend les opérations les plus élevées de la raison, les sentiments éthiques et esthétiques, une sensation d'effort plus ou moins considérable, l'attention, se décèle toujours par des symptômes subjectifs et objectifs. Dans la première, celle des activités purement automatiques, reproductrices, héréditaires, des neurocymes, une excitation suffit souvent pour provoquer le déroulement de toute la chaîne : c'est l'instinct. Cet automatisme peut être créé, dans l'espèce par l'hérédité, chez l'individu par l'habitude. Ces actes, souvent très compliqués, par exemple ces instincts des fourmis si magistralement étudiés par Forel, n'exigent, pour se réaliser, que très peu d'éléments nerveux, car, encore que le cerveau des fourmis soit relativement très gros, il est, en fait, extrêmement petit. Au contraire, les activités plastiques du cerveau ont besoin, pour se déployer, de masses considérables de substance nerveuse. L'activité plastique de l'intelligence des corneilles comparée à celle de la poule, peut expliquer, abstraction faite de la taille, le volume relatif du cerveau de ces deux oiseaux. Forel ajoute expressément que les propriétés plastiques de l'activité des neurocymes sont héréditaires, mais seulement à titre de dispositions, qu'elles soient ou non développées par l'individu qui en a hérité. « Et ce sont là des faits, au sentiment de Forel, non des théories. »

Adversaire de la doctrine des anastomoses entre les prolongements soit protoplasmiques, soit nerveux, des cellules nerveuses, Forel s'était demandé pourquoi l'on continuait à parler de réseau nerveux diffus de l'écorce. S'il n'existait pas d'anastomoses protoplasmiques, il ne devait pas en exister de cylindraxiles, et, de fait, il n'avait jamais pu apercevoir le réseau nerveux de Golgi, non plus d'ailleurs que Kölliker. Dans l'article que publia l'illustre histologiste de Würtzburg, en 1887, sur les *Recherches de Golgi* (*loc. cit.*), il remarque expressément que l'existence de ce réseau

nerveux ne lui est pas suffisamment prouvée et que c'est une hypothèse à abandonner que celle des anastomoses des prolongements nerveux des cellules, puisque aucun fait ne l'appuie. KÖLLIKER contesta surtout avec force une autre hypothèse de GOLGI : celle que « les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses ne seraient pas de nature nerveuse ». GOLGI, disait-il, fonde cette « étonnante hypothèse » sur la direction et la prédominance de ces prolongements dans des régions de l'écorce « où ne se rencontrent point de fibres nerveuses à myéline ». Voici d'ailleurs les paroles mêmes de GOLGI : « En manière de conclusion, je me crois autorisé à soutenir que les prolongements protoplasmiques ne prennent aucune part à la formation des fibres nerveuses ; elles se maintiennent constamment indépendantes de ces fibres ; elles contractent au contraire des rapports intimes avec les cellules connectives et avec les vaisseaux sanguins. » (*Sulla fina anat. degli organi centrali*, etc., p. 26-27.) Quant à la direction des prolongements protoplasmiques, GOLGI avait cru observer chez ceux-ci une « tendance à se porter dans des régions où n'existent pas de fibres nerveuses ». Ces régions étaient les couches supérieures de l'écorce du cerveau et surtout la *fascia dentata cornu Ammonis*. Or KÖLLIKER rappelait qu'il avait démontré l'existence, dans les couches superficielles de l'écorce cérébrale, d'une quantité considérable de fibres à myéline. De même dans la *fascia dentata* : « ainsi tombent, ajoutait-il, les arguments de GOLGI. » On voit combien les critiques qu'on adresse encore chaque jour à GOLGI sont anciennes, et combien, dès la première heure, en quelque sorte, elles ont été radicales chez ses plus fervents admirateurs. FOREL était arrivé, de son côté, à nier toute anastomose entre les éléments du système nerveux central : chaque fibre nerveuse n'étant que le prolongement d'une cellule nerveuse, la transmission des excitations de cellules à cellules ne se propageait que par des contacts entre les ramifications terminales et les collatérales de ces prolongements nerveux. On sait que, d'une manière indépendante, et sans doute en même temps que FOREL (août 1886), HIS (octobre 1886) (1) arriva à la même conception que le professeur de l'Université de Zurich.

« Dès 1886, des doutes sérieux furent élevés, d'abord par moi, bientôt après par FOREL, sur l'existence d'un réseau nerveux central », écrit l'illustre embryologiste allemand (2). On connaissait déjà une série de *terminaisons*

---

(1) W. HIS. — *Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarks und der Nervenwurzeln*. Abh. d. math.-phys. Kl. d. kgl. Sachs. Gesellsch. der Wissensch. B. XIII, 1886, p. 479.

(2) WILHELM HIS. *Ueber den Aufbau unseres Nervensystems*. Verhandl. d. Gesells. deutscher Naturf. u. Aerzte. 65 Vers. z. Nürnb., sept. 1893. Leipz., 1893, 36-67.

fibres nerveuses à la périphérie : les nerfs des muscles, les nerfs de la cornée, ceux de l'épiderme, ceux des corpuscules de Pacini et de Krause. Il ne paraissait point légitime d'admettre en principe que les fibres nerveuses dussent se terminer autrement dans les centres nerveux qu'à la périphérie. On sait maintenant que, dans la substance grise du cerveau et de la moelle épinière, les ramifications terminales des unités nerveuses ou neurones constituent un feutrage épais (*Filz*), non un réseau (*kein Netzwerk*). Tout processus physiologique du système nerveux central a pour organes au moins deux neurones associés ; d'ordinaire il évolue à travers des systèmes de neurones beaucoup plus nombreux. Une partie des fibres ascendantes des cordons postérieurs de la moelle épinière, c'est-à-dire des fibres radiculaires issues des ganglions spinaux, parviennent sans nul doute jusqu'à la moelle allongée. Comme les collatérales de ces fibres s'étendent aux différents étages de la moelle épinière, il en résulte que la même fibre peut ainsi influencer directement des territoires moteurs périphériques étendus, c'est-à-dire des muscles innervés par les régions spinales correspondantes. Mais comme on doit supposer que la résistance à ces courants croîtra avec la longueur des voies nerveuses, la limitation de l'action de ces mêmes courants au plan musculaire en correspondance avec le point d'implantation des racines spinales, ou sa diffusion à d'autres territoires plus éloignés, dépendra de l'intensité et de la durée de l'excitation ou de l'excitabilité des proto-neurones. Outre les réflexes spinaux ainsi directement provoqués, les centres moteurs de la moelle « sont également soumis, dit His, à la domination directe de la volonté (Türck, Flechsig) : les voies nerveuses qui servent à la transmission de la volonté (*Willensbahnen*), les voies des pyramides, descendent, sans interruption, des circonvolutions centrales du cerveau et, à tous les étages de la moelle épinière, envoient les ramifications de leurs fibres dans les masses grises de ce centre nerveux où elles se terminent librement. »

Dans l'organe de l'*ouïe*, l'impression du stimulus externe est transmise à des cellules spéciales des sens, cellules ciliées, protégées par un épithélium dont la structure, plus simple dans le vestibule, est plus compliquée dans le limaçon (organe de Corti). Les fibres du nerf acoustique proviennent des cellules bipolaires du ganglion du vestibule et du ganglion du limaçon ; leurs prolongements périphériques se ramifient à proximité des cellules ciliées ; leurs prolongements centraux pénètrent dans certains noyaux de la moelle allongée et s'y arborisent entre les cellules de ces ganglions, cellules donnant origine à une voie nerveuse de second ordre qui monte aux tubercules quadrijumeaux postérieurs, etc. De même pour le nerf optique. Les prolongements dendritiques apparaissent à His comme un « système de racines » (p. 54) collectant les

excitations des territoires périphériques plus ou moins vastes et les faisant parvenir à la cellule. Le doute professé par Golgi sur la nature nerveuse des dendrites n'est donc pas justifié ; on trouve ces terminaisons engagées comme des parties intégrantes dans des chaînes de neurones, par exemple dans les glomérules du lobe olfactif et dans la rétine.

Dans les organes centraux, dans les organes des sens, à côté des neurones appartenant aux longues voies nerveuses, on en rencontre de volume petit ou moyen dont les prolongements nerveux demeurent confinés dans le territoire où ils se trouvent. Suivant His, « ils paraissent y exercer une fonction locale ». Leur importance doit être grande, car ils existent en nombre considérable dans certaines régions du système nerveux central.

De l'ensemble de ces conceptions nouvelles de l'organisation du système nerveux résultait surtout, pour His, avec un accroissement d'individualité, une plus haute indépendance relative de chaque élément nerveux. En outre, et au point de vue physiologique, depuis qu'on sait que les fibres sensitives, dans leur trajet ascendant, entrent en connexion par leurs collatérales avec les divers centres moteurs de la moelle épinière, on comprend, ce qui n'était point intelligible jusqu'ici, comment les mêmes nerfs peuvent aussi bien déterminer des réflexes directs qu'être la condition d'une sensation et d'une perception consciente du télencéphale.

De là encore une conception nouvelle de l'embryologie du névraxe.

Du cerveau et de la moelle épinière ne sortent que des nerfs moteurs. Les nerfs sensitifs, de même que ceux des sens spéciaux (olfactifs, acoustiques, optiques, gustatifs), se projettent du dehors dans les différents territoires respectifs du système nerveux central. Les *nerfs sensitifs* naissent des cellules des ganglions spinaux : le prolongement périphérique se ramifie, comme une « racine », à la périphérie cutanée ; le prolongement central pénètre dans la moelle épinière et s'y arborise à différents niveaux. Les « cellules des sens », cônes et bâtonnets de la rétine, cellules ciliées des organes de l'ouïe, etc., proviennent, comme les *neuroblastes*, de *cellules germinatives* (*Keimzellen*), et traversent d'ordinaire le *stade piriforme* : « on doit donc les considérer, d'après leur mode de formation et d'après leur fonction, comme une forme simple de *cellules nerveuses* situées à la périphérie. » Des *neuroblastes* de la couche interne de la rétine, c'est-à-dire des cellules ganglionnaires issues des neuroblastes qui sont les cellules d'origine du nerf optique, sortent les prolongements nerveux centraux qui se portent au cerveau. Les éléments épithéliaux de la muqueuse olfactive sont en même temps des « cellules des sens » et des « cellules ganglionnaires » : le fait ne s'observe, dit W. His, chez les Vertébrés, que pour la *muqueuse olfactive* ; il est au contraire très commun chez les

Invertébrés : ainsi naissent, comme l'a découvert von LENHOSSEK, toutes les fibres sensitives de la peau chez le ver, c'est-à-dire des cellules de l'épithélium cutané lui-même ; le filament axile gagne le segment correspondant du centre nerveux de la chaîne ganglionnaire abdominale. Toutes les cellules des sens passent donc, comme les cellules nerveuses proprement dites, comme les neurones, par les stades de cellules germinatives rondes et de neuroblastes piriformes avant de prendre leur forme caractéristique finale.

Pendant leur jeunesse, ces cellules possèdent une faculté motrice autonome, une aptitude à se mouvoir librement, grâce à laquelle elles abandonnent leur lieu d'origine et s'en éloignent en émigrant à des distances plus ou moins grandes. Ainsi, dans la moelle allongée, des multitudes de neuroblastes, que HIS compare à des armées en marche, partent des parties latérales de la paroi du tube neural et se rassemblent à proximité en groupes considérables qui projettent leurs prolongements nerveux au delà de la ligne médiane du côté opposé. « Dans le domaine des nerfs périphériques, les migrations des cellules jouent, dit-il, un rôle important dans la formation du système nerveux sympathique : ce système se compose d'un cordon situé près de la colonne vertébrale relié à tous les nerfs de la moelle épinière et d'où partent de nombreuses branches allant aux parties internes du corps (cœur, vaisseaux sanguins, viscères des cavités thoraciques, abdominales, pelviennes). Le tronc aussi bien que les plexus du nerf sympathique contiennent de nombreux amas de cellules nerveuses ; de petits groupes de ces cellules existent à l'intérieur des organes, dans les parois du cœur, des intestins, etc. » Or toutes les cellules nerveuses du système sympathique ont émigré par troupes de ganglions spinaux et se sont répandues sur de vastes territoires, au cours de longs espaces de temps, avant d'atteindre le but du voyage. Cette marche vers la périphérie, elle est aussi particulière aux nerfs du cerveau et de la moelle épinière qu'à ceux du système sympathique. Le principe reste le même lorsqu'on étudie la marche ou l'orientation des fibres et des cellules nerveuses dans les centres nerveux où ils se distribuent, moelle et encéphale.

« L'organisation de notre système nerveux, conclut W. HIS, avec ses innombrables complications, comprend les conditions fondamentales de l'enchaînement (engrenage) harmonique de tous nos processus vitaux. Respiration et mouvement du cœur, jeu des muscles des vaisseaux et des viscères, activité des glandes, sont soumis à la domination du système nerveux de telle sorte que chaque processus particulier est en rapport, par de fines et délicates transitions, avec un grand nombre d'autres, les provoquant, les modérant ou les arrêtant. L'organisation de notre système nerveux détermine en outre l'acuité de notre faculté de perception sensible, de même que la sûreté dans le gouvernement de nos appareils de mouvement. Elle forme enfin la condition fondamentale de notre disposition

psychique, car, quoi que nous puissions penser des rapports de nos fonctions psychiques avec le cerveau, il est certain que la mémoire, l'imagination, la puissance de la volonté, la clarté et la rectitude de notre logique, supposent des propriétés déterminées du cerveau et que, avec l'altération de ces propriétés, nos fonctions psychiques éprouvent des troubles profonds.

« Mais le système auquel appartiennent toutes ces fonctions si variées, et dont la structure complexe correspond à la diversité de ses actions, résulte à sa naissance des commencements les plus simples de tous. Dans sa forme première, non moins que dans les processus ultérieurs de son évolution, nous voyons intervenir des conditions de pure mécanique, des influences et actions qui sembleraient dues au hasard se montrent même, comme la rencontre des nerfs en état de croissance avec des vaisseaux sanguins, des cartilages ou d'autres formations hétérogènes. Cela paraît au premier coup d'œil difficile à comprendre, surtout si l'on réfléchit que les propriétés somatiques et psychiques de notre nature, et partant toutes les particularités de la structure interne du cerveau, sont transmissibles par hérédité jusque dans leurs plus délicates nuances.

« Mais c'est précisément dans ces considérations qu'on doit chercher la clé de l'intelligence véritable de ces phénomènes. Ainsi que tout autre processus organique de formation, l'origine de notre corps et de son système nerveux apparaît comme l'expression d'un processus biologique en marche. Nous ne connaissons pas l'origine du processus, car, depuis des temps qu'aucun regard ne saurait sonder, il évolue, créant et détruisant tour à tour, périodiquement, de nouveaux individus. Chaque vie individuelle n'est qu'un membre de ces séries de générations, comparable à une partie d'une vague se propageant sur de vastes étendues de mer... Des quantités de matière inférieures aux quantités pondérables suffisent pour transmettre la vie...

« Mais si la vie est un processus périodique, une loi profonde n'en ordonne pas moins tous les phénomènes qui la constituent ainsi que leurs rapports ou relations. Dans un tel procès, un phénomène s'enchaîne à l'autre, chacun apparaît à un moment donné comme la suite nécessaire de ceux qui l'ont précédé et en même temps comme la condition, non moins nécessaire, de ceux qui suivront. Là même où s'influencent réciproquement des processus d'origine et de rôle en apparence différents, tous agissent aux lieu et place qui leur sont assignés par une loi générale et dans la mesure qui leur appartient. Périodiquement reviennent et se suivent les unités des séries de générations humaines, partant des mêmes commencements, se développant avec la même régularité, d'après les mêmes lois. *Le cerveau se forme du cerveau, et, en une série ininterrompue, se répètent, dans chaque individu, les mêmes sentiments naturels de joie et de douleur, d'amour et de haine...* »

Dans le muscle la terminaison des nerfs n'est pas en continuité directe avec la fibre. On comprenait de moins en moins pourquoi la continuité des plus fines ramifications nerveuses serait un postulat physiologique. Pour expliquer la transmission des excitations, il n'est point nécessaire que les ramifications ultimes des éléments nerveux soient en continuité : il suffit qu'elles soient contiguës. « L'électricité présente de nombreux exemples, disait Forel, de pareilles transmissions sans continuité directe ; il en pourrait être de même pour le système nerveux. » Puis, pourquoi parler encore de cellules motrices et de cellules de sensibilité ? Forel protestait ; il s'élevait contre Golgi lui-même. Quelque diverses que soient les terminaisons périphériques des nerfs du deuxième type de Golgi, le

point initial de l'excitation sensible est une cellule épithéliale, une cellule périphérique de sensibilité d'où sort un prolongement nerveux, comme des cellules du premier type : c'est de cette cellule périphérique que part le nerf qui gagne le système nerveux central, où elle se termine en fines ramifications arborescentes. La seule différence entre le nerf sensible et le nerf moteur, c'est que la cellule nerveuse d'où sort la fibre sensitive ou sensorielle est périphérique, tandis qu'elle est centrale pour le nerf moteur. Dans les deux cas le nerf se termine en s'arborisant, le nerf moteur dans le muscle, le nerf sensible dans la substance grise centrale. Mais on n'a point le droit d'appeler sensibles ou motrices ces cellules nerveuses. Seul, le mode de terminaison d'une fibre paraît être décisif pour le diagnostic de sa fonction.

Pour Nansen, qui est bien aussi de l'École de Golgi, les prolongements des cellules nerveuses sont de deux sortes, nerveux et protoplasmiques : ceux-ci, orientés vers la périphérie de l'écorce, se terminent au voisinage des vaisseaux sanguins et servent à la nutrition des cellules nerveuses ; il n'existe point d'anastomoses des cellules nerveuses au moyen de ces prolongements. Les prolongements nerveux, toujours uniques, ou conservent leur individualité, ou, tout en émettant quelques ramuscules latéraux, vont constituer directement un tube nerveux, ou bien encore ils perdent leur individualité et donnent naissance aux fines arborisations du réseau fibrillaire de l'écorce. Nansen a vu aussi, dans la moelle épinière des myxines, des tubes nerveux sortir directement des cellules des cornes antérieures ; ceux des racines postérieures seraient formés de la réunion de fibrilles nerveuses. Avec Golgi on peut, dit-il, appeler moteurs les premiers, sensibles les seconds. Les cellules nerveuses n'ayant absolument aucun rapport *direct* entre elles, elles ne sauraient intervenir ni dans la production des mouvements réflexes, ni dans celle des mouvements volontaires. « La vieille manière de voir, écrivait Nansen, relativement à la composition des arcs réflexes et à l'importance physiologique des cellules nerveuses, ne peut plus se soutenir, du moment où ces dernières n'ont pas entre elles de communication directe, et où les cellules nerveuses centrales offrent tout aussi peu de communication directe avec les tubes nerveux sensitifs ou centripètes. » L'arc réflexe est constitué : 1° par le nerf centripète et ses ramifications fibrillaires, passant directement dans le *réseau nerveux central* de l'écorce ; 2° par la propagation de l'excitation dans ce réseau ; 3° par la transmission des excitations jusqu'aux fins ramuscules latéraux des tubes nerveux centrifuges. « Il suit que l'*incitation est transmise aux centres supérieurs sans passer directement par les cellules nerveuses*. On peut admettre de la même façon ,continue Nansen, que les impulsions volontaires, provenant des tubes nerveux qui émergent des centres supérieurs, se rendent directement aux tubes nerveux centrifuges des centres nerveux inférieurs sans passer par les cellules nerveuses de ces centres. Il est par conséquent impossible d'admettre que les cellules nerveuses des centres nerveux inférieurs possèdent une importance directe, aussi peu pour les mouvements réflexes que pour les mouvements volontaires, ce que l'on semble pouvoir appliquer aussi aux cellules nerveuses des centres supérieurs (1). » Quel est donc le siège de l'activité centrale du système nerveux.

(1) Fridtiof Nansen. *Nerve elementerne, deres struktur og sammenhang i central-nervesystemet*. Nordiskt medicinskt Arkiv. 1887, XIX, 4, p. 1-24. Comptes rendus des traités, p. 3-6.

de l'intelligence, de la conscience? Ce siège serait le *réseau fibrillaire central de l'écorce*. L'étendue et le développement de l'intelligence seraient en raison directe de la complexité de structure du réseau. Quant aux *cellules* des centres nerveux, déchues de leurs fonctions psychiques, devenues de simples centres trophiques, elles ne serviraient qu'à la nutrition des tubes nerveux et de leurs innombrables ramifications.

En Italie, tout en applaudissant aux découvertes de Golgi, dont il signalait d'ailleurs les vues divergentes, Seppilli appuyait la doctrine de l'hétérogénéité fonctionnelle de l'écorce cérébrale sur l'existence des variétés correspondantes de structure histologique des circonvolutions (1881). Luciani ne faisait point difficulté d'avouer que l'absence de transmission isolée des fibres nerveuses qui communiquent entre elles dans le vaste réseau du système nerveux central, est un fait incompatible avec la doctrine, ou plutôt avec le postulat, de la double transmission nerveuse (centripète et centrifuge) (1881). Bianchi, tout pénétré des doctrines de Golgi, demandait, à propos de la confusion, dans l'écorce, des éléments anatomiques de la sensibilité et de la motilité volontaire, pourquoi les cellules nerveuses centrales des divers organes de la sensibilité et du mouvement devraient être morphologiquement distinctes. Les deux sortes d'éléments nerveux coexistent dans la zone visuelle, parce qu'il n'est point de perception de la vue qui ne résulte à la fois d'impressions lumineuses et de contractions des muscles de l'œil. De même pour les centres corticaux des sensations organiques et des mouvements des viscères, pour les centres moteurs et pour les centres d'arrêt : partout les éléments nerveux de la sensibilité et du mouvement devaient être nécessairement confondus. A part les exagérations, concluait Bianchi, les doctrines histologiques de Golgi ne pouvaient exercer aucune influence fâcheuse sur la théorie scientifique des localisations cérébrales (1882). Golgi, en effet, en dépit des critiques qu'il adresse à cette théorie, n'a jamais nié la possibilité de certaines localisations fonctionnelles de l'écorce. Les aires fonctionnelles de l'écorce, aires aux limites indéterminées, aux vagues confins, empiétant en partie sur les frontières voisines, il les admet formellement : là sont les sièges de fonctions cérébrales spéciales, en rapport avec la nature des organes périphériques des sens, reliés à ces centres de l'écorce, non pas sans doute au moyen de transmissions nerveuses isolées, mais en quelque sorte « électives ». Des anciens élèves de Golgi, A. Cattaneo, V. Marchi, R. Fusari, etc., nous ne dirons rien ici, préférant rappeler les derniers travaux des représentants les plus récents des doctrines, plus ou moins modifiées, du maître de la grande École de Pavie.

Les récents travaux de cytologie de la cellule nerveuse ont porté bien

plus sur le corps cellulaire que sur le noyau de la cellule. NISSL (1894) distingue dans le noyau une *membrane*, un *réticulum* avec ou sans éléments chromatiques (*granula*), où existent un ou plusieurs *nucléoles*; il aperçoit dans le nucléole une mince couche externe plus obscure et un corpuscule central décoloré. LENHOSSEK (1895) constate la présence d'une *membrane nucléaire* des plus fines, un *réticulum nucléaire*, lequel est plus compact autour du noyau et s'étend, sous forme de trabécules peu colorables, à peine visibles, à tout le noyau; il n'insiste pas sur la valeur morphologique de ces éléments. Au milieu du *nucléole*, il discerne un petit groupe de trois à cinq *nucléolules* punctiformes fortement colorées. Dès 1882, FLEMMING avait admis que, dans les cellules des ganglions spinaux, la membrane nucléaire aussi bien que le *nucléole* sont riches en chromatine. On considère aujourd'hui que la *chromatine* (ou *nucléine*) du *noyau* a des affinités pour les *couleurs basiques d'aniline*, le *nucléole* pour les *couleurs acides*. LÉVI s'est surtout servi du mélange étendu de BIONDI, selon la formule en usage au laboratoire de pathologie générale de Florence. « Un tissu nerveux placé dans le mélange de BIONDI se trouve en présence de *deux* couleurs, l'une *acide* (*fuchsine*), l'autre *basique* (*vert* de méthyle). Si l'on prend garde que, d'après les idées récentes sur les affinités des tissus pour les différentes couleurs, on tend à accorder une importance plus grande à la constitution physique qu'à la constitution chimique des éléments de la cellule, on ne pourra nier que, lorsque quelques parties d'une cellule traitée par un mélange de couleurs acides et basiques *choisissent*, avec une grande constance, les unes la couleur acide, les autres la couleur basique, il est nécessaire d'admettre l'existence, dans ces parties, d'une différence, non seulement physique, mais chimique (1) ».

D'après la nomenclature cytologique de NISSL, qu'adopte LÉVI, les cellules nerveuses *somatochromes*, caractérisées par un cytoplasma abondant, sont par excellence les cellules des ganglions spinaux, des cornes antérieures, de PURKINJE. Le cytoplasma des *Kernzellen* de l'histologiste allemand est au contraire peu abondant et le noyau est de grandeur moyenne (cellules de la substance de ROLANDO). Enfin, les grains (du cervelet, de la rétine) ont un petit noyau qu'ourle un cytoplasma extrêmement mince.

Dans les noyaux des cellules nerveuses, le nucléole se colore constamment avec la couleur acide, tandis que les grains qui l'environnent se colorent avec la couleur basique. On doit donc croire qu'il s'agit de deux substances fondamentalement différentes. Dans toutes les cellules du type somatochrome, le nucléole est sphérique, à contour net. Sur ses préparations, LÉVI n'a jamais aperçu les 3 à 5 nucléolules dont parle VON LENHOSSEK ; on les voit souvent sur les préparations traitées par la méthode de NISSL. LÉVI a maintes fois observé

---

(1) G. LÉVI. *Su alcune particolarità di struttura del nucleo delle cellule nervose* (Clinica psich. di Firenze, diretta d. prof. E. TANZI). Riv. di patol. nerv. e ment. Firenze, 1896, 141 sq.

des granules irréguliers acidophiles disséminés dans le noyau, d'un volume peu inférieur au nucléole : ce doivent être les « nucléoles associés » de certains auteurs. Les granules basophiles sont toujours, dans ces cellules, disposés autour du noyau.

De quelle substance sont composés ces granules ? Leurs affinités pour les couleurs basiques d'aniline font songer tout d'abord à la nucléine (chromatine). Ce qui paraît le plus probable, c'est que ces masses en partie constituent le karyoplasma, en partie représentent des produits d'excrétion. Au contraire, toute la chromatine du noyau serait représentée par les petits granules qui environnent le nucléole. Seul, FLEMMING a signalé la richesse en nucléine du nucléole (dans les cellules des ganglions spinaux), fait confirmé par DEHLER. « Une localisation précise de la nucléine dans les cellules nerveuses n'est point, je crois, écrit LÉVI, privée d'intérêt, aujourd'hui qu'on attribue à cette substance une fonction spécifique dans la reproduction (*substance héréditaire* de WEISMANN) (1). »

Il nous paraît, en effet, de la plus haute importance de faire ressortir, avec LÉVI, que dans les cellules nerveuses des animaux supérieurs, cellules dont la faculté reproductrice est nulle, — ainsi que l'ont démontré les recherches de FÜRSTNER et KNOBLAUCH, de MARINESCO, de FRIEDMANN, de ZIEGLER, de TIRELLI, touchant la régénération des tissus nerveux, — la nucléine non seulement est peu abondante, ce qu'on savait, mais présente une disposition typique spéciale. Chez *Spelerpes fuscus* au contraire, dont LÉVI a étudié le cerveau et la moelle, c'est-à-dire chez les animaux inférieurs, tels que les salamandres, *les noyaux des cellules nerveuses ressemblent beaucoup pour la disposition comme pour la quantité de la nucléine à ceux des cellules des plus infimes fonctions,* des cellules de névroglie, par exemple. Il est donc probable que, chez ces animaux, des recherches sur la régénération des tissus nerveux aboutiraient peut-être à un résultat positif.

Relativement au *nucléole,* sa substance — la *paranucléine* — a des affinités pour les *couleurs acides d'aniline*. Elle présente, en somme, des réactions chimiques opposées à celles de la *nucléine*. Les notions qu'on essaie de se former sur les fonctions de la substance du nucléole sont beaucoup moins avancées encore que celles qu'on possède sur la nucléine. Si, du fait décrit par LÉVI, qu'autour des nucléoles les plus gros les granules de nucléine sont le plus étendus en longueur, on rapproche celui de l'augmentation de volume du nucléole au cours de l'*activité fonctionnelle* des neurones (MANN, LUGARO), on pourra être amené à supposer que, dans ces modifications fonctionnelles de volume, le « nucléole entraîne avec soi les granules de nucléine et les contraint à prendre une forme allongée », processus qui s'accompagne d'une diminution de leur épaisseur.

---

(1) WEISMANN. *Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung.* 1892.

Pour vérifier cette hypothèse, après avoir excité, avec un léger courant faradique, le sciatique de quelques cobayes, Lévi examina les trois ganglions spinaux dont les racines forment ce nerf. Il trouva, dans les cellules de ces ganglions, les nucléoles, augmentés de volume, environnés de minces stries semilunaires de nucléine ; rares étaient les nucléoles entourés de granules épais (1). Inversement, pour réaliser les conditions contraires de l'expérience, c'est-à-dire celles du *repos,* il laissa survivre quelques jours ces animaux après leur avoir sectionné le sciatique. Or, dans les ganglions d'origine des fibres de ce nerf, il constata que les nucléoles de la plus grande part des cellules étaient environnés de granules courts et épais disposés à la périphérie de ces nucléoles. Si cette observation provoquée n'éclaire encore que très peu le rôle morphologique et fonctionnel du nucléole, elle indique au moins que la nucléine doit suivre d'une façon passive les modifications de volume du nucléole durant l'activité fonctionnelle du neurone.

Appelons encore l'attention sur ce qui résulte des études de Lévi touchant les *Kernzellen* de Nissl et les grains comparés aux autres cellules

---

(1) G. Manaresi. *Modificazioni del nucleolo della cellula nervosa per avvelenamento stricnico e cloroformico.* Riv. di patol. nerv. e ment., 1896, 270 sq. — Des expériences récentes (Mann, Lugaro, Lévi) ont démontré que le *nucléole* des cellules nerveuses augmente de volume durant l'activité fonctionnelle et diminue graduellement par l'effet de la fatigue. Pour savoir si, sous l'action des poisons, les mêmes changements volumétriques ont lieu, Manaresi a choisi deux substances de nature opposée. Une injection d'une solution de sulfate de strychnine déterminait, chez une grenouille, la mort par le tétanos ; une autre était soumise à l'action lente et prolongée des vapeurs du chloroforme ; après deux heures de narcose, une dernière dose amenait la mort. Les pièces, colorées au bleu de méthylène suivant la méthode de Nissl, provenaient d'un segment de moelle lombaire et de ganglions spinaux en rapport avec les racines du sciatique. A un très fort grossissement, l'auteur mesura le diamètre de 1,000 nucléoles de cellules des cornes antérieures et d'autant de nucléoles de cellules des ganglions spinaux. Les dimensions des nucléoles ainsi obtenues furent ordonnées en courbes et comparées. Il résulte des graphiques que, sous l'influence excitante ou paralysante des deux agents toxiques, le nucléole des cellules nerveuses subit les mêmes modifications antagonistes (augmentation et diminution du volume) qui avaient été notées comme étant l'expression respective de l'excitation et du repos de la cellule nerveuse. En d'autres termes, le nucléole de la cellule nerveuse strychninisée, que celle-ci appartienne aux cornes antérieures ou aux ganglions spinaux, traduit l'effet exercé sur elle par le poison par une augmentation de volume, tout de même que si la cellule avait été directement excitée par un courant faradique. La participation anatomique des cellules des ganglions spinaux au processus implique très vraisemblablement aussi une participation physiologique au mécanisme par lequel se produisent les symptômes caractéristiques de l'empoisonnement par la strychnine. L'hyperexcitabilité spinale, l'augmentation des réactions aux stimuli externes, observées même avec de petites doses de strychnine, ne sont donc pas dues exclusivement à l'hyperexcitabilité des *neurones moteurs ;* elles sont, en partie au moins, déterminées par des phénomènes du même ordre, c'est-à-dire par l'hyperexcitabilité des *neurones sensitifs* périphériques, qui transmettent aux neurones moteurs des excitations exagérées.

Dans l'empoisonnement par le *chloroforme*, la *diminution de volume des nucléoles* confirme la nature paralytique des symptômes de la sensibilité et de la motilité observés dans la narcose. En

nerveuses : ils n'en diffèrent pas seulement par l'indigence de leur cytoplasma et la petitesse de leur volume ; l'absence dans le noyau de substance acidophile (*paranucléine*) et la grande abondance de substance basophile (de nucléine probablement) suffisent pour faire de ces cellules nerveuses un groupe bien distinct de celui des cellules *somatochromes*. Cette quantité plus considérable de *nucléine*, dans les *Kernzellen* et les *grains*, doit en effet nous incliner à admettre, à titre encore de pure hypothèse, l'infériorité fonctionnelle de ces neurones.

Dans un essai d'*analyse microchimique* des produits intracellulaires de métabolisme de la cellule nerveuse dans l'état d'activité, G. Lévi a étudié les modifications *qualitatives* et *quantitatives* de ces produits au cours des états fonctionnels, sans avoir égard à d'autres caractères du corps cellulaire et du noyau, tels que modifications de volume, variations de colorabilité, etc. Lévi s'est ici proposé de considérer la cellule nerveuse au point de vue de ses *échanges matériels*, de ses processus métaboliques, tels que les décèle la structure granulaire du cytoplasma, structure bien distincte de celle des corpuscules chromatophiles ou blocs chromatiques de Nissl. On ne pouvait tenter rien de semblable tant que la structure interne de la cellule nerveuse était, pour ainsi dire, inconnue ; on a com-

---

même temps se trouve vérifiée la loi, d'après laquelle l'état de *repos* de la cellule nerveuse s'accompagne d'une diminution de volume des nucléoles.

Magini a formulé ainsi les lois qui se dégagent de ses expériences et de ses observations sur le lobe électrique de la torpille, lois d'une incontestable importance pour la *physiologie de la cellule nerveuse :*

« 1. Les grandes cellules nerveuses motrices du lobe électrique de la torpille adulte, *vivisectionnée*, présentent toutes, sans exception, leur *noyau* excentrique et orienté vers le *prolongement nerveux* respectif, c'est-à-dire tourné vers les *nerfs électriques*. Le *nucléole* est tellement déplacé de sa position centrale de repos qu'il se trouve toujours en contact avec la surface interne de la membrane du noyau, laquelle, par ce fait, se trouve souvent en partie soulevée.

« 2. Les grandes cellules nerveuses motrices du lobe électrique de la torpille adulte, *non vivisectionnée*, mais qu'on a laissé mourir tranquillement hors de l'eau, présentent leur *nucléole* au centre du *noyau* ou en position excentrique très variée, mais jamais accentuée de manière à ce qu'il touche la membrane du noyau ; il n'est pas non plus orienté vers les nerfs électriques, bien qu'il soit tourné dans les directions les plus diverses.

« 3. Les cellules nerveuses motrices correspondantes du lobe électrique des torpilles, *vivisectionnées ou non, très jeunes*, longues de 7 centimètres, non encore pourvues de prismes mûrs pour donner lieu à des décharges électriques, mais simplement constituées, dans leur organe falciforme, par des fibres musculaires qui précèdent l'organisation morphologiquement et physiologiquement différenciée des plaques électriques, ont leur *nucléole* constamment au centre du gros *noyau* sphérique, lequel est privé de membrane et très pauvre de substance chromatique ; seuls les noyaux qui ont deux nucléoles font exception à la règle de la position centrale du nucléole. »

D'après l'hypothèse présentée par Magini, le *déplacement du nucléole* des grandes cellules motrices chez les torpilles adultes vivisectionnées est un fait fonctionnel, dû à l'excitation indirecte, énergique, répétée de ces cellules qui répondent à l'excitation périphérique en déterminant, par

mencé de la mieux connaître. Or, « la physiologie de la cellule nerveuse est indissolublement liée à sa morphologie » (1).

Deux théories sont en présence sur les processus métaboliques de la cellule en général. Dans l'une, on admet que les granules intracellulaires dont nous venons de parler sont le produit de transformations de granules qui, dans la théorie d'Altmann, forment la partie essentielle du protoplasma : ce sont des éléments vivants. Pour d'autres cytologues, ces éléments résultent du travail intracellulaire ; ils ne sont pas vivants ; s'ils sont utilisés par l'organisme, ce sont des produits de sécrétion ; s'ils ne le sont pas, des produits d'excrétion.

La suite de cet essai montre vers laquelle de ces deux théories Lévi s'est trouvé conduit par ses recherches, quoiqu'il se défende de rien soutenir de définitif à cet égard ; ces granules sont, pour lui, des *produits d'excrétion*. Les résultats qu'il expose ont été obtenus par l'étude des modifications que présentent les cellules des ganglions intervertébraux du lapin (7e ganglion lombaire) soumis à des états d'*activité* ou de *repos*. Pour réaliser ces derniers, il sectionnait le sciatique en laissant l'animal survivre pendant deux jours. Il est d'ailleurs plus difficile qu'on ne le croit d'ordinaire d'obtenir l'état de repos d'une cellule nerveuse, c'est-à-dire de l'empêcher de fonctionner. Pour les cellules de la rétine, Lévi estime que cela est chose facile : il suffit, dit-il, après Mann, d'écarter l'accès des rayons lumineux. Pour les ganglions spinaux, au contraire, la section de la plus grande partie des fibres afférentes est une méthode bien moins rigoureuse, puisqu'un grand nombre d'excitations continuent d'agir sur le bout central du nerf. On peut croire que ces excitations sont d'une intensité très inférieure à celle des innombrables stimuli qui assaillent les terminaisons périphériques, intensité qui croît d'ailleurs, on le sait, comme une avalanche, avec la longueur du chemin parcouru (Pflüger, Tiegel, Wundt). « Dans la cellule nerveuse on n'observe pas, écrit Lévi, comme dans les autres éléments de l'organisme (fibres musculaires, cellules glandulaires), des alternatives de *travail* et de *repos* : aussi longtemps que des stimuli lui arrivent par les voies centripètes, la cellule nerveuse ne

---

voie centrifuge, les décharges électriques. Le *nucléole*, en se déplaçant dans la direction du prolongement nerveux de la cellule, comprimerait le cône d'origine des fibrilles axiles et exciterait ainsi mécaniquement ces fibres, « de sorte que, au fond, les *impulsions psycho-motrices* elles-mêmes, lesquelles ont leur point de départ dans les cellules psychomotrices de l'*écorce cérébrale*, et les *impulsions réflexes* des cellules motrices de la *moelle épinière*, pourraient avoir leur source dans une excitation mécanique exercée par le déplacement du *nucléole* contre le point d'origine du cylindraxe. » Magini rapproche cette excitation mécanique hypothétique de celle qu'exercent les différents agents du monde extérieur (ondes thermiques, lumineuses, sonores) sur les terminaisons nerveuses des différents organes de la sensibilité générale et spéciale. « Pourquoi, demande-t-il, n'en serait il pas de même pour les fibres nerveuses de mouvement et pour les cellulès nerveuses desquelles elles prennent origine ? » Il pense que toutes les cellules nerveuses doivent être considérées comme de petits transformateurs d'énergie. Chez la torpille adulte vivisectionnée, la vivisection est la cause occasionnelle ; la décharge électrique est le résultat final, phénomène ultime d'une série de transformations de l'énergie mécanique (*).

(1) G. Lévi. *Contributo alla fisiologia della cellula nervosa*. Riv. di patol. nerv. e ment., 1896, 169 sq.

(*) G. Magini. *L'orientation des nucléoles des cellules nerveuses motrices dans le lobe électrique de la torpille à l'état de repos et à l'état d'excitation*. Arch. ital. de biol., 1895, XXII, 212.

cesse point de fonctionner ; et il est impossible de la soustraire complètement à l'influence de ces excitations. » Il en serait autrement, encore une fois, des cellules des ganglions spinaux que des cellules de la rétine, du corps genouillé externe, etc., dont il serait plus facile d'arrêter ou de suspendre l'activité. Pour évidente qu'elle apparaisse, cette remarque nous semble plus spécieuse que vraie.

Afin de déterminer les états d'activité des cellules nerveuses des ganglions spinaux il excitait le nerf sciatique à différentes hauteurs au moyen d'un léger courant faradique qui agissait ainsi, à distance, sur les neurons du ganglion. La durée de l'excitation variait de 30 minutes à 8 heures. Immédiatement après l'excitation, la cavité vertébrale était ouverte le plus rapidement possible et le ganglion plongé dans un liquide fixateur, susceptible à la fois de mettre en relief les *granules* des cellules et de conserver intacte la structure si délicate du cytoplasma, le liquide d'Hermann, considéré aujourd'hui comme le meilleur fixateur des cellules nerveuses (Flemming, Mann, Dehler). Pour la coloration de ces granules, Lévi choisit celle qu'a proposée Galeotti ; l'hématoxyline Delafield lui donna aussi quelques bons résultats. Les coupes (de 1-3 μ) étaient colorées par une solution chaude de *fuchsine* acide, puis, après lavage et décoloration dans une solution alcoolique d'acide picrique et nouveau lavage, plongées dans une solution de *vert de méthyle* à 1 pour 100. Les granules du cytoplasma dont il s'agit ici, ainsi que ceux du noyau et que la petite quantité de chromatine environnant le nucléole, apparaissent colorés en rouge vif par la fuchsine ; les éléments de la substance chromatique du cytoplasma en vert clair. Lévi appelle les granules étudiés dans ce mémoire « fuchsinophiles » ou encore « interfibrillaires », parce qu'ils siègent entre les fibrilles de la partie dite achromatique du cytoplasma.

Il ressort des expériences de Lévi que, durant le *repos* de la cellule nerveuse des ganglions spinaux, des particules d'une extrême petitesse, appelées *granules* et *d'une structure physique différente de tous les autres éléments de la cellule, diminuent* très notablement. Si l'on ne réussit pas alors, dit-il, c'est-à-dire dans l'état de repos de la cellule, à les voir complètement disparaître, cela tient à la grande difficulté d'arrêter complètement l'activité fonctionnelle d'une cellule nerveuse, et surtout d'une cellule des ganglions spinaux.

Au cours d'une *excitation* prolongée, on voit au contraire *le nombre des granules augmenter*.

Ces deux faits suffisent pour incliner à croire, non seulement qu'un rapport existe entre ces granules et l'activité de la cellule, mais que ceux-ci sont un produit du métabolisme de cet élément nerveux. Ces granules, à coup sûr, ne sont point des éléments constituants, essentiels, de la cellule, des « bioplastes » au sens d'Altmann, puisqu'ils disparaissent durant le repos du neurone. L'augmentation du nombre des granules pendant la période d'activité de la cellule nerveuse a des limites : elle s'arrête après environ deux heures de stimulation. Ce fait indique un commencement d'épuisement de la cellule, une diminution de son excitabilité, hypothèse en accord avec ce fait d'expérience qu'alors que

l'animal réagit énergiquement pendant les premières heures à l'excitation faradique, il ne réagit plus par la suite que si l'on augmente l'intensité du courant. A l'état de repos, ou tenu pour tel, de la cellule nerveuse, les granules sont très petits et ronds; *leur volume augmente avec la durée de l'excitation* en même temps que leur forme s'allonge. Ce changement de forme s'explique par la situation qu'ils occupent dans la cellule : ils sont toujours logés entre les fibrilles de la partie dite achromatique du cytoplasma; ils doivent donc s'allonger dès qu'ils augmentent de volume. Le siège interfibrillaire de ces granules se voit surtout nettement dans le cône d'origine du prolongement nerveux de la cellule, où abondent ces *produits d'excrétion,* preuve que cette région du neurone prend au moins une part aussi active que le reste du cytoplasma à la fonction de l'élément nerveux.

« Comme je n'ai rencontré que dans la partie achromatique de la cellule nerveuse des produits d'échange, je ne crois pas trop m'avancer, écrit Lévi, en disant qu'à cette partie seule ressortit une part active de la fonction. » On ne doit pas localiser dans la chromatine les produits d'échange, puisque cette substance, loin d'augmenter durant l'activité fonctionnelle de la cellule, diminue, selon Mann. Les *granules fuchsinophiles interfibrillaires sont des produits d'échanges intracellulaires.* La présence de ces granules dans le noyau des cellules des ganglions spinaux à l'état de repos est digne d'attention; dans les ganglions excités on n'en découvre plus : Lévi croit donc devoir admettre qu'au cours de l'activité de la cellule, les granules du noyau passent dans le cytoplasma. Peut-être, ainsi que l'a pensé Trambusti au sujet des cellules glandulaires, le noyau fournit-il au cytoplasma des matériaux déjà élaborés par lui. Mais l'étude des granules nucléaires est encore trop obscure pour qu'il soit possible de rien affirmer à cet égard.

En résumé, dans les cellules des ganglions spinaux, les processus métaboliques sont des plus actifs : Lévi y a trouvé une quantité de granules supérieure à celle de tout autre élément nerveux de l'organisme. Il est évident que la quantité de ces produits d'échanges intracellulaires est un critérium du degré d'activité métabolique d'un élément nerveux. Ranvier avait signalé la grande richesse de vascularisation des ganglions spinaux des mammifères. *Il est, du reste, probable que non seulement dans les cellules des ganglions spinaux, mais dans les cellules nerveuses en général, les processus d'échanges sont très actifs.* A l'appui de cette hypothèse, on peut rappeler, outre l'abondante vascularisation de tous les centres nerveux, que, de tous les éléments de l'organisme, la cellule nerveuse est celui qui supporte le moins la diminution d'oxygène.

Quant à Golgi lui-même, il est revenu naguère, dans une communi-

cation très importante (1), sur l'interprétation de la nature anatomique et du rôle physiologique de son réseau nerveux diffus des organes centraux du système nerveux. Il y soutient, contre « les récentes négations » des histologistes et des physiologistes, l' « existence du réseau nerveux diffus de la substance grise des centres ». Ce réseau, « continu dans toute l'étendue de la substance grise, occupe, pour ainsi dire, tous les interstices laissés par les éléments cellulaires ». Quant à la *provenance* de ce réseau, tous les éléments nerveux, sans exception, des organes centraux, entrent dans sa formation. Mais, pour ce qui est de la *nature* de ce réseau nerveux diffus, s'agit-il toujours d'un réseau au sens strict du mot, ou d'un entrelacement de fibrilles? GOLGI, tout en estimant devoir persister dans sa réserve première, admet aujourd'hui qu' « il s'agit d'une subdivision indéfinie de fibrilles ». Il ajoute : « Vu la finesse, la complication extrême et l'intimité des rapports du tissu fibrillaire, tels qu'ils apparaissent à la lumière de mes préparations, la *connexion matérielle ou fusion entre fibres et fibres ne se présente plus comme une nécessité pour expliquer les rapports fonctionnels entre les divers groupes de cellules et entre les diverses provinces du système nerveux central.* » Il ne croit plus, pour la même raison, que « la fusion ou la continuité directe entre fibrilles de provenance diverse doive être considérée comme condition *sine qua non* de la transmission des excitations entre les unes et les autres ». Du reste, outre qu' « on ne peut dire qu'il n'existe pas de connexion par fusion », des procédés d'investigation plus délicats que ceux que l'on connaît pourront un jour permettre à l'observation directe de mieux voir ces rapports. Le peu qu'on sait autorise pourtant pleinement à croire qu' « une seule fibre nerveuse peut avoir des rapports avec un nombre infini de cellules nerveuses centrales ainsi qu'avec les parties les plus diverses et les plus éloignées des centres nerveux ». Or, l'importance de ce « fait histologique » domine toutes les manifestations physiologiques du système nerveux, et partant la question des localisations fonctionnelles du cerveau.

Aujourd'hui encore, GOLGI ne trouve dans l'anatomie fine des centres nerveux aucun fondement qui puisse servir d'assise à ces trois postulats de la doctrine « annoncée » par HITZIG : 1° particularités d'organisation caractéristiques pour les diverses parties du système nerveux central en rapport avec les fonctions spéciales et distinctes relatives à ces parties;

---

(1) C. GOLGI. *La rete nervosa diffusa degli organi centrali del sistima nervoso. Suo significato fisiologico*. Rendiconti del R. Istituto Lombardo, ser. II, vol. XXIV, fasc. VIII e IX. Milano, 1891.

2° délimitation matérielle plus ou moins précise ou ligne de démarcation des différentes régions destinées à des fonctions essentiellement différentes, par exemple à la perception des différentes impressions des organes périphériques des sens; 3° marche isolée des fibres nerveuses depuis les organes destinés à revoir les impressions du monde extérieur jusqu'aux différentes zones centrales correspondantes.

Sur le premier point, au lieu de la différence de structure postulée pour l'explication des différences de fonctions, Golgi constate dans les circonvolutions considérées une organisation histologique « essentiellement identique ». La spécificité fonctionnelle des différentes zones corticales du cerveau résulte, non d'une composition anatomique spéciale de ces parties, mais de la nature propre des organes périphériques avec lesquels les fibres nerveuses sont en rapport, les faits histologiques étant décidément contraires à la séparation rigoureuse du siège de ces deux fonctions fondamentales, encore admises par Golgi, la sensibilité et le mouvement. Par là Golgi se défend d'insinuer que les différentes provinces du cerveau ne possèdent point de fonctions prédominantes, dans l'un ou l'autre sens, du fait de leurs connexions avec les organes périphériques.

Sur le second point, l'existence du réseau nerveux, qui envahit toute la substance grise centrale, moelle épinière, moelle allongée, noyaux gris encéphaliques, écorce du cerveau et du cervelet, etc., et représente un tissu continu interposé entre les cellules nerveuses, dont l'unique destination est de relier fonctionnellement les diverses parties de ce système, est si contraire à l'idée de localisations fonctionnelles précises et exactement délimitées, qu'elle l'induirait tout net, dit Golgi, à repousser la doctrine des localisations, si d'autres faits ne l'autorisaient à admettre, toujours avec certaines restrictions, cette même doctrine, *la tanto accarezzata dottrina localizzatrice*.

Enfin, quant au troisième point, la marche isolée des fibres nerveuses des organes périphériques des sens aux centres nerveux, c'est un postulat encore incompatible avec le fait que, avant de pénétrer dans ces centres, la fibre nerveuse envoie, sur tout son parcours, nombre de fibres collatérales destinées évidemment à contracter les rapports et les connexions les plus divers : « Les fibres nerveuses non seulement ne sont pas en rapport individuel, isolé, avec des individualités cellulaires correspondantes : elles contractent des rapports avec des groupes étendus de cellules nerveuses ; inversement, toute cellule nerveuse des centres peut être en rapport avec ces mêmes fibres nerveuses, et cette connexion peut vraisemblablement avoir lieu avec des fibres nerveuses qui possèdent des destinations et probablement des fonctions entièrement différentes. »

Relativement à la distribution de ces fibres, tout conspire, dans le système nerveux central, à rendre plus étendus et plus compliqués les rapports des divers groupes de cellules nerveuses et ceux des différentes provinces de ce système. Il ne saurait donc exister d' « aires centrales exactement délimitées de distribution des fibres nerveuses ». Mais Golgi croit toujours à l'existence de ce qu'il appelle des *territori di prevalente e più diretta distribuzione delle fibre*. Les fibres nerveuses venant de la périphérie ou allant vers celle-ci seraient en rapport plus direct et plus intime avec ces territoires qu'avec d'autres parties rapprochées ou lointaines, avec lesquelles elles ne laissent pas d'ailleurs d'être aussi en relation. Golgi insiste sur un fait de nature histologique, « favorable aux localisations » : celui du revêtement myélinique dont sont pourvues les fibres nerveuses cérébro-spinales dans leur trajet depuis la périphérie jusqu'à leur entrée dans la substance grise des centres, à l'exception naturellement de leur origine et de leur terminaison. Ce revêtement constitue certainement, dit Golgi, « une limitation dans la transmission latérale des courants nerveux. » Si, en anatomie comme en physiologie, l'existence d'« aires nettement délimitées et rigoureusement spécialisées quant à la fonction, au sens des doctrines localisatrices de Hitzig et de Ferrier », est « insoutenable », les faits histologiques nous autorisent toutefois à admettre, avec des « voies prédominantes ou électives de transmission », des provinces aux vagues confins, en partie superposées, dont l'excitation prédominante ou élective provoque des réactions de nature correspondante.

Le grand histologiste italien est resté fidèle, on le voit, aux doctrines anatomiques et physiologiques qu'il avait le premier apportées au monde. Sans doute, loin de se montrer fermé à toutes les idées nouvelles qui résultent du développement même de ses doctrines, il incline volontiers à reconnaître que la continuité substantielle des éléments nerveux de son réseau n'est peut-être qu'une contiguïté des fibrilles constituantes ; il produit même de nouveaux arguments histologiques en faveur d'une conduction, sinon isolée, du moins « prédominante et élective » des courants nerveux, conciliant ainsi, dans un esprit critique vraiment supérieur, les faits de l'histologie avec les résultats de l'expérimentation physiologique, de la clinique et de l'anatomie pathologique. Mais il révoque en doute, toujours d'après ce qu'il a vu ou croit savoir, bien des faits qui chaque jour prennent droit de cité dans la science. Ainsi Golgi n'admet pas l'existence de cellules nerveuses pourvues de deux, trois, quatre prolongements nerveux, telles qu'en ont signalé en certaines régions de l'écorce cérébrale Ramon y Cajal, Kölliker, van Gehuchten. Il n'admet pas qu'on supprime la division des prolongements cellulaires en protoplasmiques et nerveux, car rien n'est plus opposé à ses idées que d'attribuer aux prolongements

protoplasmiques les fonctions propres et exclusives des cylindraxes, éléments de son réseau nerveux. La formule synthétique de ces nouvelles connexions est due, dit-il, à Ramon y Cajal, qui l'a résumée sous le nom de polarisation dynamique des éléments nerveux. Ainsi, la direction du courant nerveux, pour toutes les catégories de cellules nerveuses, n'irait plus du prolongement cylindraxile à la cellule, mais du prolongement protoplasmique à la cellule et de celle-ci au cylindraxe. « Ces nouveaux concepts tendraient, déclare Golgi, à apporter une révolution dans la manière de considérer la signification des différentes parties constitutives des cellules nerveuses (1). » Il n'admet pas que, « pour les besoins de la théorie de la polarisation dynamique », on fasse des prolongements protoplasmiques, d'une longueur exceptionnelle, des [fibres cylindraxiles les plus typiques, celles des nerfs périphériques de la sensibilité générale. Enfin, peut-être importuné du bruit que fait le triomphe de la doctrine de la transmission nerveuse par contiguïté, et non plus par continuité, Golgi rappelle aux triomphateurs qu'il a, depuis longtemps, signalé l'existence d'un « mince revêtement, vraisemblablement de nature neurokératinique, ayant la forme d'un réseau ou d'une couche continue », s'étendant non seulement sur le corps cellulaire, mais sur ses prolongements, surtout protoplasmiques (2). L'existence de ce revêtement, s'il était véritablement de nature neurokératinique, devrait, remarque Golgi, être un obstacle, et non des moins significatifs, de par son action isolatrice, à l'admission des « prétendus courants nerveux par contiguïté ».

---

(1) C. Golgi. *Sur l'origine du quatrième nerf cérébral (pathétique) et sur un point d'histophysiologie générale qui se rattache à cette question*. Arch. ital. de biol., XIX, 1893, p. 453 sq. Cf. C. Golgi. *Untersuchungen über den feineiren Bau des centralen und peripherischen Nervensystems*. Iéna, 1894. — Kölliker (*) s'est déclaré pour la seule conduction cellulifuge de toutes les *collatérales* des axones :

1. Les cellules nerveuses élaborent les excitations reçues et les propagent par leurs axones dans la direction cellulifuge.

2. Les états transmis par les axones ne se propagent jamais par des fibres encore entourées de myéline, mais uniquement par les terminaisons amyéliniques des axones ou par des cylindraxes amyéliniques.

3. Ces transmissions nerveuses ont lieu en partie directement au corps cellulaire, en partie indirectement par les prolongements dendritiques.

4. La preuve d'une conduction cellulipète par les collatérales n'a pas encore été administrée, non plus que celle d'une conduction cellulifuge par les dendrites.

(2) Cf. Tirelli. *Come si comporta lo stroma neuro-cheratinico delle fibre nervose del moncone periferico di un nervo reciso e nel cadavere*. Annali di fren., 1896, vol. VI. Mondino, L. Sala, Cattani, Petrone, etc., ont constaté, après Golgi, que la neurokératine est disposée sous forme de cônes ou d'entonnoirs sur certains nerfs, entre le cylindraxe, la myéline et la gaine de Schwann, et forme une spirale continue.

(*) *Handb. d. Gewebelehre d. Menschen*, 1896, 686.

II. — S. RAMON Y CAJAL

Les libres terminaisons arborescentes des prolongements nerveux apparaissent, avec RAMON Y CAJAL, à la place du réseau nerveux diffus de GOLGI (1). A l'exception de quelques cas très rares, tels que celui des fibres parallèles du cervelet, par exemple, l'arborisation terminale du cylindraxe et de ses collatérales est la règle. On savait déjà que les nerfs sensitifs périphériques se terminent librement dans la peau et dans les muqueuses, et RANVIER avait vu depuis longtemps l' « arborisation terminale » des nerfs moteurs « dissociés en fibrilles » se mettre en rapport avec la substance contractile du muscle : « Cette multiplication de points de *contact,* disait l'illustre histologiste, doit être considérée comme une condition essentielle de l'action du nerf sur le muscle (2). » La différence entre les deux catégories de cellules nerveuses de GOLGI s'est aussi évanouie : il n'y a plus que des cellules nerveuses à prolongements nerveux longs ou courts, et toutes les formes de transition existent à cet égard dans l'écorce cérébrale, le bulbe olfactif, la corne d'Ammon, la moelle épinière, la rétine.

Les branches collatérales de chaque prolongement nerveux se terminent aussi librement que l'arborisation terminale du cylindraxe. La découverte des collatérales est due à GOLGI : leur physiologie a été surtout l'œuvre de RAMON Y CAJAL, puis de KÖLLIKER, de VAN GEHUCHTEN, de LENHOSSEK. Les collatérales, presque toutes pourvues de myéline, ne s'entourent de cette gaine qu'après leur tige. La découverte des collatérales a profondément transformé les idées sur l'activité du système nerveux central. On donnait le nom de « voies courtes » ou de « commissures longues » aux prolongements nerveux que beaucoup de cellules envoient,

---

(1) S. RAMON Y CAJAL. *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados.* Estudios sobre el plan estructural y composición histológica de los centros nerviosos adicionados de consideraciones fisiológicas fundadas en los nuevos descubrimientos. Histologia del sistema nervioso de los vertebrados. Madrid, 1897-1898, 1°-2° fascículo. — Voir pour la bibliographie de l'œuvre de CAJAL, M. VON LENHOSSEK, *Der feinere Bau des Nervensystems*, p. 74-75. — *Neue Darstellung vom histologischen Bau des Centralnervensystems.* Arch. f. Anat. u. Phys., 1893, p. 316-428.

(2) RANVIER. *Leçons sur l'histologie du système nerveux*, 1878, II, 348.

par exemple, dans la substance grise de la moelle épinière : mais la décharge nerveuse, résultant de l'excitation transmise par la cellule à son prolongement nerveux, n'avait lieu, pensait-on, qu'à la terminaison de ce prolongement dans un ganglion, et la cellule d'origine d'un nerf était censée ne pouvoir agir que sur les cellules avec lesquelles les ramifications ultimes du cylindraxe de cette cellule venaient en contact par l'intermédiaire des dendrites de ces neurones. On sait aujourd'hui qu'une cellule nerveuse des ganglions spinaux peut influencer tous les territoires de la substance grise de la moelle épinière, non seulement par les arborisations terminales des branches ascendante et descendante de son prolongement central, mais par les collatérales qu'émet successivement ce prolongement sur tout son parcours. Ainsi, les longues voies nerveuses des cordons postérieurs qui montent jusqu'au niveau de la moelle allongée, peuvent, sur tout leur trajet, contracter des rapports, par leurs collatérales, avec presque toute la substance grise de la moelle épinière. Le riche plexus de fibres à myéline que l'on voit, dans la substance grise de la moelle, autour des cellules nerveuses, sur des préparations au Weigert-Pal, est constitué par les collatérales de la substance blanche ; ce sont aussi des collatérales qui forment la commissure postérieure de la moelle et les fibrilles de la commissure antérieure.

Dans le cervelet, les collatérales des prolongements cylindraxiles des cellules de Purkinje entrent en contact avec les prolongements cellulipètes d'autres cellules de Purkinje et réalisent ainsi entre ces cellules une unité physiologique. Dans le cerveau, les fibres du corps calleux relient, au moyen de leurs collatérales, non pas, comme on le croyait, deux points symétriques de deux hémisphères, mais nombre d'autres éléments cellulaires encore des différentes couches de l'écorce grise et des territoires les plus différents et les plus distants du manteau. Il en est ainsi des collatérales du bulbe olfactif, de la corne d'Ammon, des fibres du cordon du grand sympathique. Dans la substance blanche aussi existent des collatérales et des arborisations terminales de fibres nerveuses s'entrelaçant à des prolongements protoplasmiques, signalés par Ramon y Cajal. Les collatérales constituent ainsi, dans la substance grise comme dans la substance blanche, une grande partie des commissures des centres nerveux.

En somme, il n'existe point d'anastomoses entre les prolongements protoplasmiques (Gerlach) ou nerveux (Golgi) des neurones ou unités nerveuses de Waldeyer (1891). La théorie des réseaux a dû faire place à celle des arborisations libres. Tout essai de classification physiologique ou fonctionnelle des cellules nerveuses en cellules de la sensibilité et cellules de la motilité, fondé sur la morphologie de ces organites élémen-

taires, est contraire aux faits observés. Enfin, la troisième hypothèse anatomo-physiologique de Golgi, la fonction trophique de la cellule nerveuse attribuée aux prolongements protoplasmiques, qui seraient en rapport avec les vaisseaux et les cellules de la névroglie, n'a plus guère qu'une existence locale dans l'École italienne : c'est un foyer qui s'éteint sur place.

Avant d'aborder l'étude des fonctions du cerveau, telle qu'elle résulte des doctrines anatomiques et physiologiques de S. Ramon y Cajal, on doit considérer d'abord les faits plus simples, quoique essentiellement de même nature, que présentent la morphologie et les connexions des éléments nerveux de la moelle épinière.

I. Chaque *fibre nerveuse* n'est que le prolongement d'une cellule nerveuse, soit périphérique, soit centrale. Chaque fibre nerveuse, de son origine à sa terminaison, n'est donc qu'une partie de sa cellule d'origine. Ce fait capital avait déjà été établi, en 1857, par Kupffer ; il a été confirmé par Golgi, par His, par Vignal et par tous les auteurs qui ont fondé l'histogenèse actuelle du système nerveux.

II. Les *expansions protoplasmiques* des cellules nerveuses se terminent librement dans la substance grise (Golgi) ; les prolongements nerveux des cellules nerveuses se terminent de même au moyen de libres arborisations variqueuses, et la transmission nerveuse a lieu par contact entre le corps ou les expansions protoplasmiques d'un neurone, d'une part, les arborisations collatérales et terminales du prolongement nerveux d'un ou de plusieurs autres neurones, d'autre part. Les ramifications protoplasmiques et le corps cellulaire servent à la conduction nerveuse comme les cylindraxes et leurs appendices fibrillaires. Dans certains organes, le corps cellulaire avec ses dendrites est même l'unique chaînon de la chaîne conductrice. Mais, d'une manière générale, dans les organes des sens comme dans les centres nerveux, le corps cellulaire et ses prolongements protoplasmiques sont des appareils de réception, non d'émission des courants nerveux. Dans les éléments qui, comme les cellules nerveuses des ganglions spinaux ou les spongioblastes de la rétine, sont adendritiques, sans ramifications protoplasmiques, l'appareil de réception est représenté par le corps protoplasmique seul de la cellule.

III. Les cellules de la substance grise de la moelle épinière sont de deux espèces : les *cellules radiculaires « motrices »*, dont le cylindraxe constitue la *racine antérieure* ; les *cellules des cordons,* dont les prolongements nerveux constituent les fibres des faisceaux ou cordons antérieur, latéral et postérieur du même côté. Les cellules des cordons donnent naissance d'ordinaire aux voies courtes de la substance blanche.

D'après la situation topographique des cordons auxquels ces cellules

donnent naissance, on distingue : *a,* les cellules du cordon antéro-latéral du même côté ; *b,* les cellules du cordon postérieur du même côté ; *c,* les cellules du cordon antérieur du côté opposé (cellules commissurales dont le cylindraxe forme la commissure antérieure en se rendant au cordon antéro-latéral de l'autre côté). Les cylindraxes de toutes les cellules, excepté peut-être ceux des cellules radiculaires motrices, émettent, à leur passage à travers la moelle, des collatérales entre les cellules nerveuses.

IV. Les fibres sensitives des vertébrés ne naissent pas dans la moelle : elles proviennent, comme l'a établi W. His, des cellules nerveuses des ganglions spinaux intervertébraux. Dans la capsule endothéliale qui enveloppe chaque cellule des ganglions cérébro-spinaux, entre cette capsule et le protoplasma cellulaire, s'arborise une fibre nerveuse d'origine inconnue (Lenhossek, Ehrlich, Cajal) : cette arborisation prouve en tout cas que, entre le courant nerveux apporté de la peau, des muqueuses, des articulations, des muscles, etc., par la branche périphérique, de signification protoplasmique, suivant Cajal, des cellules de ces ganglions, courant transmis à la moelle épinière par la branche centrale, d'autres courants nerveux encore, provenant peut-être des cellules du grand sympathique, peuvent parvenir à ces neurones.

Ces cellules nerveuses, issues de l'ectoderme, et d'abord bipolaires, puis unipolaires (au moins en apparence), envoient la branche centrale de leur prolongement nerveux dans la substance blanche de la moelle épinière, où son cône d'accroissement finit par donner naissance en se divisant à une branche ascendante et à une branche descendante, qui montent et descendent le long du cordon postérieur : ce sont les collatérales de ces branches qui, seules, pénètrent dans la substance grise où elles s'arborisent entre les éléments nerveux de la moelle épinière. Outre les arborisations terminales des branches ascendantes ou descendantes des fibres radiculaires sensitives, on distingue des *collatérales longues* destinées à la corne antérieure, des *collatérales courtes* destinées à la corne postérieure ; celles-ci, après avoir traversé la substance de Rolando, s'arborisent autour des cellules de la colonne de Clarke (voie cérébelleuse ascendante de la moelle) ; celles-là, issues de la portion voisine de la bifurcation, plutôt que des branches ascendantes ou descendantes, lesquelles donnent surtout naissance aux collatérales courtes, se terminent en se mettant en contact avec le corps ou avec les ramifications protoplasmiques des cellules de la corne antérieure : elles constituent la voie ordinaire des réflexes : d'où les noms de *collatérales réflexes,* de fibres *réflexo-motrices* (Kölliker) ou *sensitivo-motrices* (Cajal). Les cellules des cornes postérieures envoient leurs cylindraxes presque entièrement dans le cordon latéral.

L'existence d'une *voie sensitive centrale*, propageant jusqu'au *cerveau* les diverses sensations de la sensibilité générale, peut être inférée avec certitude : 1° de l'absence d'entrecroisement des fibres radiculaires sensitives ; 2° du fait que la plupart des fibres représentant des voies courtes se terminent dans les divers segments de la moelle épinière.

Dans l'écorce cérébrale, identique au fond chez tous les mammifères, RAMON Y CAJAL distingue quatre couches : 1° *zone moléculaire* ; 2° *couche des petites pyramides* ; 3° *couche des grandes pyramides* ; 4° *couche des cellules polymorphes*.

I. *Zone moléculaire*. — Les cellules de la névroglie se pressent surtout près de la pie-mère. La partie la plus superficielle est traversée de fibres horizontales à myéline (KÖLLIKER, EXNER), dont quelques-unes sont des collatérales des cylindraxes ascendants de certaines cellules, telles que les cellules fusiformes ou triangulaires de MARTINOTTI. Mais la plupart des fibres nerveuses de la zone moléculaire proviennent des quatre types de neurones suivants : 1° *cellules polygonales*, à quatre ou cinq ramifications protoplasmiques hérissées d'aspérités, grêles, dont quelques-unes descendent jusqu'à la couche inférieure des petites pyramides, à cylindraxe fin, tantôt oblique, tantôt horizontal, et demeurant dans la zone moléculaire : *cellules spéciales*, ou *cellules de* CAJAL, *de la zone moléculaire ;* 2° *cellules fusiformes*, à direction horizontale, dont les deux prolongements polaires, protoplasmiques, envoient, à angle droit, quelques ramuscules ascendants vers la surface du cerveau, se décomposant en deux ou plusieurs filaments très longs, qui paraissent être des fibres nerveuses, restant toujours dans la zone moléculaire : *cellules polyaxones* de LENHOSSEK ; 3° *cellules triangulaires* ou *étoilées*, non plus à deux, mais à trois ou plusieurs prolongements protoplasmiques très longs, d'abord horizontaux, se continuant peu à peu en fibres nerveuses ou de nature analogue, peu ramifiés, émettant sur leur trajet de fines collatérales qui se perdent dans les fibrilles nerveuses de la zone moléculaire ; 4° *cellules fusiformes unipolaires*. Ces cellules fusiformes de la couche moléculaire doivent être, comme le pense CAJAL, des cellules d'association, unissant cette zone aux strates inférieures de l'écorce : du prolongement nerveux unique de ces neurones sortent par bifurcation deux fibres qui dans des directions opposées vont se mêler aux fibres du faisceau tangentiel (VERATTI).

Les cellules spéciales de la zone moléculaire, presque toutes pluripolaires, présentent quelque analogie, aux collatérales près, avec certains spongioblastes de la rétine, dont les prolongements variqueux et horizontaux ressemblent à ceux des cellules de CAJAL. Pour RETZIUS, qui a fait une étude spéciale de ces cellules, sur des embryons d'hommes et d'autres mammifères, il s'agit de cellules nerveuses pourvues de plusieurs expansions d'apparence nerveuse (1).

---

(1) Quoique les cellules de CAJAL présentent encore à la naissance de quelques mammifères (lapin) des prolongements multiples non histologiquement différenciés entre eux, un seul de ces filaments dont l'origine, la forme et la position seraient constantes, assume, dans le développement ultérieur, selon VERATTI, le caractère de prolongement nerveux, tous les autres prenant peu à peu celui de prolongements protoplasmiques. Chez d'autres animaux, cette différenciation entre le prolongement nerveux et les prolongements protoplasmiques existerait déjà au cours de la vie intra-utérine. VERATTI. *Su alcune particularita di struttura della corteccia cerebrale*. Soc. med.chirurg. di Pavia, 1896.

La réunion de toutes ces fibres autochthones, jointes à celles qui montent des couches inférieures et aux arborisations terminales cylindraxiles de longues tiges dont on ignore le lieu des cellules d'origine, forment dans cette première couche de l'écorce un plexus très serré, entre les mailles duquel passent les ramures des dendrites des cellules pyramidales (1). « Il est, dit Cajal, impossible de ne pas considérer cette singulière disposition, qui certainement se retrouve avec les mêmes caractères chez tous les vertébrés, comme un exemple important de transmission nerveuse par contact ou contiguïté, comparable à celle qui a lieu, dans le cervelet, entre les fibrilles parallèles et les arborisations protoplasmiques des cellules de Purkinje. Ce contact serait transversal ou oblique; c'est pourquoi les branches terminales des cellules pyramidales possèdent des épines collatérales courtes dans les intervalles desquelles semblent être étroitement contenues les plus fines fibrilles nerveuses dépourvues de myéline. » Ces fibrilles nerveuses agiraient donc ici sur ces prolongements protoplasmiques pour transmettre l'onde nerveuse aux cellules pyramidales.

Toute *cellule pyramidale,* à quelque couche de l'écorce qu'elle appartienne, présente, comme caractères morphologiques généraux : un *corps* conique ou pyramidal, d'où part un cylindraxe et d'où sortent des expansions protoplasmiques très nombreuses où l'on distingue : *a,* une tige ascendante, épaisse, se ramifiant dans la couche moléculaire en ramures, souvent très étendues, qui se terminent par de libres arborisations; *b,* des *branches latérales* sorties à angle droit de la tige ascendante; *c,* des *expansions basilaires* procédant du corps de la cellule pyramidale même et se ramifiant latéralement ou en bas entre les cellules voisines; *d,* un *cylindraxe,* partant de la base de la cellule, ou d'une expansion protoplasmique basilaire, et se terminant, en bas, dans la substance blanche, où il devient une fibre nerveuse à myéline du faisceau de projection. Mais, pendant son trajet

---

(1) A. Kölliker. *Handb. der Gewebelehre*, 6te Aufl., 1896, II, 668, 686 sq. — Les *fibres ascendantes centripètes* de Cajal, — comme Kölliker les veut appeler — fibres myélinisées de fort calibre qui traversent la substance grise de l'écorce cérébrale et vont se ramifier horizontalement dans les couches superficielles de celle ci, après avoir émis des collatérales d'une longueur extraordinaire, doivent venir, à coup sûr, de régions éloignées et monter par le *pédoncule cérébral* et la *capsule interne*. Il semble bien que ce soient des fibres sensitives de IIe ordre, des fibres du *ruban de* Reil *médian*.

Sur le trajet suivi par les fibres nerveuses dans l'écorce cérébrale, voici ce qu'enseigne Kölliker, en désaccord sur quelques points avec Ramon y Cajal :

I. A toutes les cellules pyramidales dont les dendrites s'étendent dans le *stratum zonale* des excitations sont transmises par tous les neuraxones qui se terminent dans cette couche par leurs extrémités amyéliniques: 1° les terminaisons des fibres sensitives centripètes de Ramon y Cajal; 2° les terminaisons des cellules à axones ascendants (cellules de Martinotti); 3° les terminaisons des neuraxones des cellules pyramidales de circonvolutions prochaines ou lointaines du même côté (fibres d'association) ou du côté opposé (fibres calleuses).

II. Les excitations sont transmises aussi directement par contact de ces mêmes espèces de fibres aux corps cellulaires des cellules pyramidales.

III. Les excitations transmises aux cellules pyramidales des couches profondes, dont les dendrites ne s'élèvent pas jusqu'au *stratum zonale*, ainsi qu'aux cellules polymorphes et aux cellules du IIe type de Golgi, ont lieu par influence directe exercée sur les corps cellulaires de ces cellules : *a)* au moyen des ramifications inférieures des espèces de fibres indiquées en I, 1, 2, 3; *b)* par les neuraxones des cellules de Golgi du IIe type.

IV. Avec toutes les cellules pyramidales situées profondément dans l'écorce, avec les cellules polymorphes et celles du IIe type de Golgi, les collatérales des grandes cellules pyramidales soutiennent des rapports : elles s'arborisent directement sur les corps cellulaires de ces neurones. L'hypothèse des

dans la substance grise, le cylindraxe émet de fines collatérales, d'une longueur extraordinaire, terminées par deux ou trois ramuscules. Les collatérales les plus hautes du cylindraxe remontent quelquefois jusqu'à la zone moléculaire elle-même. Dans les vertébrés inférieurs, toutes les expansions protoplasmiques de ces cellules se réduisent, chez les *batraciens,* au bouquet terminal de la zone moléculaire, sans branches latérales de la tige ni expansions basilaires ; chez les *reptiles,* la tige, avec le panache, existe, mais il n'en part point de ramescences, et une seule expansion basilaire apparaît ; chez les *oiseaux,* la pyramide manque de tige radiale et de véritable panache ; chez les *poissons,* la cellule pyramidale fait défaut. « Chez les fœtus à terme et chez les enfants de quelques mois, les expansions protoplasmiques basilaires et les collatérales nerveuses sont encore très courtes et simples ; il est fort probable que ce processus de croissance des prolongements cellulaires se continue jusqu'à l'âge adulte » (*Croonian Lecture*).

A partir de l'époque embryonnaire, les éléments nerveux ont perdu la propriété de proliférer, quoiqu'on puisse admettre, selon Cajal, que « l'exercice mental suscite, dans les régions cérébrales les plus sollicitées, un plus grand développement de l'appareil protoplasmique et du système des collatérales nerveuses. » Non seulement les associations déjà créées entre certains groupes cellulaires pourraient se renforcer et se multiplier ainsi : des connexions nouvelles s'établiraient par le fait d'une « néoformation de collatérales nerveuses et d'expansions protoplasmiques ». Une fois organisées, ces connexions acquises des cellules pyramidales se transmettraient par hérédité aux descendants immédiats ou éloignés (atavisme, talent héréditaire). « Ainsi, chez les hommes dont le talent a coïncidé, comme chez Gambetta, avec un cerveau de petite dimension, les cellules nerveuses seraient moins nombreuses ou peut-être simplement plus petites ; elles présenteraient en revanche un système fort compliqué d'associations protoplasmico-nerveuses. Au contraire, les cerveaux excessivement volumineux, si souvent associés à une intelligence inférieure, voire à l'imbécillité, renfermeraient un plus grand nombre de cellules ; seulement leurs connexions seraient fort imparfaites. C'est peut-être ce qui a lieu pour les gros cerveaux de la baleine

---

contacts efficaces des différentes espèces de fibres et de collatérales avec les ramifications dendritiques basales des cellules pyramidales paraît injustifiée à Kölliker, et, partant, invraisemblable : « Si l'on considère l'abondance des ramifications ultimes des différentes fibres centripètes dans le *stratum zonale*, c'est-à-dire dans une couche qui, chez l'homme, ne renferme peut-être aucune cellule nerveuse et n'en contient sûrement qu'un petit nombre chez les animaux, il n'y a qu'une interprétation possible, c'est que les terminaisons de ces fibres exercent une action sur les dendrites de cette zone. » De toutes les connexions énumérées en I-IV, les plus importantes sont celles qui s'établissent dans le *stratum zonale* ; viennent ensuite celles des collatérales des grandes cellules pyramidales et des corps cellulaires d'autres pyramides semblables ; enfin celles des fibres centripètes et des cellules pyramidales dans les régions moyennes de l'écorce.

Touchant la question de savoir si les différentes espèces de cellules de l'écorce cérébrale possèdent des fonctions essentiellement différentes ou présentent toutes des fonctions de même ordre, c'est ce qu'on ne saurait dire sûrement aujourd'hui. Au premier aspect, on serait enclin à rapporter les fonctions variées des cellules de l'écorce à autant de processus particuliers s'accomplissant dans leur intimité. « Mais si l'on réfléchit que, d'après les faits connus jusqu'ici, il n'existe aucune différence essentielle, soit dans la structure microscopique, soit dans la composition chimique de ces éléments, la balance penche plutôt en faveur de l'hypothèse d'une *identité fonctionnelle de toutes les cellules cérébrales*. Dans cette manière de voir, la diversité des manifestations fonctionnelles dépendrait de la nature différente des impressions externes et des points de l'organisme ou des organes où ont leur siège les fonctions des fibres excitées. » (Cf. § 199.)

et de l'éléphant. » La morphologie de la cellule pyramidale ou psychique n'est d'ailleurs qu'une des conditions anatomiques de la pensée.

II. Couche des *petites cellules pyramidales* (10 à 12 μ).

III. Couche des *grandes cellules pyramidales* (20 à 30 μ). Le cylindraxe, très épais, de ces neurones, après avoir émis sur son parcours des collatérales dont l'arborisation ultime se termine librement, se bifurque souvent en arrivant à la substance blanche, fournissant une grosse collatérale qui semble destinée à former le corps calleux.

IV. Couche des *cellules polymorphes*. Les cellules de cette couche, où l'on rencontre encore quelques cellules pyramidales, sont ovoïdes, fusiformes, triangulaires ou polygonales. Les prolongements protoplasmiques ascendants ne présentent point d'orientation très nette et la tige qui les supporte n'atteint jamais la zone moléculaire ; elle fait souvent défaut. Le cylindraxe est fin et descendant ; il fournit trois ou quatre collatérales ramifiées et se continue ou par un coude ou par une division en T avec une ou deux fibres nerveuses de la substance blanche. On distingue dans cette couche des *cellules à cylindraxe court* : Cajal en compte deux espèces, ayant ce caractère commun que le cylindraxe naît et se termine dans l'épaisseur même de la substance grise : les *cellules sensitives* de Golgi, et les *cellules à cylindraxe ascendant* de Martinotti. Les premières, robustes, polygonales, envoyant des expansions protoplasmiques dans tous les sens, émettent un cylindraxe qui, à peu de distance de sa cellule d'origine, se décompose en une libre arborisation dont les ramuscules enveloppent les corps des cellules voisines. Ces cellules de Golgi sont des *cellules d'association*. Les secondes, qu'on trouve d'ailleurs dans les trois couches inférieures de l'écorce, mais surtout dans la couche des cellules polymorphes, fusiformes ou triangulaires, à ramifications protoplasmiques ascendantes ou descendantes, envoient leur cylindraxe presque en droiture jusqu'à la zone moléculaire, où il se divise en deux ou trois grosses branches qui vont se ramifiant horizontalement et « constituant une arborisation finale d'une très grande ampleur ».

La *substance blanche du cerveau antérieur* est composée de quatre espèces de fibres : 1° *fibres de projection* ; 2° *fibres calleuses* ou *commissurales* : 3° *fibres d'association* ; 4° *fibres centripètes* ou *terminales*, ramifiées dans la substance grise (1).

---

(1) A. Kölliker. *Handb. der Gewebelehre*, 6te Aufl., 1896, II, 669 sq. — Distribution des *fibres myéliniques et amyéliniques* des différentes couches de l'écorce cérébrale des mammifères et de l'homme.

A. Couche zonale. Elle est ainsi constituée : 1. Extrémités terminales recourbées et à trajet horizontal étendu des ramifications dendritiques des petites, moyennes et grosses cellules pyramidales. Les dendrites des petites pyramides de la IIe couche et des cellules polygonales n'atteignent pas à la couche zonale ; 2. terminaisons des axones ascendants des cellules de Martinotti ; 3. terminaisons des faisceaux ascendants de fibres centripètes de fort calibres (*fibres de* Cajal) ; 4. terminaisons probables des fibres calleuses et des fibres d'association unilatérales ; 5. axones, dans quelques cas rares, des cellules de Golgi du IIe type ; 6. le rôle des *cellules de* Cajal chez les animaux et des *cellules de* Retzius chez l'homme, qui appartiennent à cette couche zonale, doit rester indéterminé aussi longtemps qu'on ignorera si l'une ou l'autre de ces formes cellulaires, ou toutes deux, appartiennent au tissu nerveux ou au tissu de soutien.

Les fibres des nos 2, 3 et 4 sont en partie myéliniques, mais sans myéline à leur extrémité.

B. Couche des petites pyramides. Cette couche, qui possède le moins grand nombre de fibres

Les *fibres de projection* provenant de toutes les régions de l'écorce, et sans doute de toutes les cellules, grandes et petites pyramides et cellules polymorphes, convergent dans la capsule interne et dans les pédoncules cérébraux ; à la hauteur du corps calleux, un certain nombre de ces fibres émettent une grosse collatérale dans cette commissure. L'anatomie pathologique et la méthode de FLECHSIG permettent de croire, quant à la terminaison inférieure de ces fibres, qu'elles constituent en grande partie la voie des pyramides.

Les *fibres calleuses* ou *commissurales*, situées au-dessous des fibres d'association, et recouvrant les ventricules latéraux, sont : 1° des cylindraxes provenant directement des petites cellules pyramidales de tous les points de l'écorce cérébrale d'un hémisphère et s'arborisant dans tous les points, symétriques ou non, de l'hémisphère opposé, sauf à la région sphénoïdale, où les fibres commissurales constituent la *commissure blanche antérieure* (chiasma des bandelettes olfactives de VAN GEHUCHTEN) ; 2° des fibres collatérales ou des branches de bifurcation des fibres de projection et d'association. Des fibres calleuses se détachent des collatérales qui montent dans la substance grise où elles se terminent.

Les *fibres d'association*, courtes ou longues, reliant l'un à l'autre deux points plus ou moins rapprochés ou éloignés de l'écorce grise, proviennent des cellules existant probablement dans les trois couches inférieures du manteau. RAMON Y CAJAL est parvenu à observer directement

---

myéliniques, doit aux axones de A 2, 3 et 4 les fibres à direction horizontale et oblique qui la parcourent et aux axones centrifuges des petites pyramides ses fibres verticales. Des collatérales ascendantes des moyennes et grandes pyramides peuvent contribuer en outre à sa formation.

C. COUCHE DES MOYENNES ET GRANDES PYRAMIDES.

Fibres myéliniques: a) les radiations ; *b*) les fibres désignées par A 2, 3 et 4 ; *c*) les collatérales des axones des moyennes et grandes pyramides. Les rubans blancs ou stries blanches transversales sont surtout constitués des fibres centripètes de fort calibre et des collatérales des moyennes et grandes pyramides, des ramifications latérales des terminaisons des fibres calleuses et des fibres d'association unilatérales.

Fibres sans myéline : les terminaisons des collatérales des cellules pyramidales, des fibres centripètes à fort calibre et des fibres d'association, enfin celles des prolongements des cellules de MARTINOTTI et des cellules de GOLGI de II[e] ordre.

D. COUCHE DES CELLULES POLYMORPHES. Les éléments myéliniques sont les mêmes que ceux de la couche C.

Contrairement à SEB. RAMON Y CAJAL, KÖLLIKER croit avoir constaté que les petites pyramides (chats et lapins) n'ont pas de collatérales. Il ne peut admettre non plus que, chez les petits mammifères (cobayes, rats, etc.), le nombre des fibres myéliniques de l'écorce soit moindre que chez l'homme et les mammifères supérieurs. CAJAL n'a vu qu'une petite quantité de ces fibres dans la couche zonale et dans celles des petites et moyennes pyramides, si bien qu'il en résulterait que moins l'écorce cérébrale d'un mammifère est développée, moins les fibres myélinisées y sont nombreuses. KÖLLIKER témoigne au contraire avoir trouvé autant de ces fibres dans la couche zonale ou dans celle des petites pyramides chez l'homme que chez les petits mammifères.

les connexions de ces fibres avec les cellules polymorphes et avec quelques cellules pyramidales géantes. Un point sur lequel on ne saurait trop insister dans l'étude des fonctions intellectuelles du cerveau et pour lequel on peut invoquer la grande autorité de CAJAL, c'est que beaucoup de fibres d'association peuvent mettre en rapport une cellule de telle ou telle région de l'écorce avec un grand nombre de cellules situées dans des territoires et peut-être dans des lobes distincts d'un même hémisphère. Chez l'homme et les grands mammifères, où la quantité de substance grise de l'écorce est indéfiniment multipliée par les circonvolutions, les fibres d'association forment par leur abondance la masse principale de la substance blanche du cerveau. La quantité et la longueur extraordinaire des *fibres d'association,* leur mélange intime aux *fibres de projection* et aux *fibres calleuses* ou *commissurales,* rendent impossible la poursuite anatomique de l'une d'elles. En somme, les fibres d'association représentent soit les prolongements cylindraxiles de certaines cellules pyramidales, soit les branches collatérales nées de ces prolongements nerveux. Les collatérales des fibres d'association montent dans les diverses couches de l'écorce cérébrale et atteignent même la zone moléculaire, où elles s'arborisent. D'autres collatérales, paraissant se terminer dans la substance blanche, semblent destinées à établir des connexions avec les nombreuses expansions protoplasmiques descendantes qui se terminent en pleine substance blanche.

Les *fibres centripètes,* dont les arborisations cylindraxiles se terminent dans l'écorce du cerveau, proviennent peut-être indirectement de la moelle épinière, du cervelet, etc. Ces longues fibres traversent d'ordinaire, obliquement ou horizontalement, toute l'épaisseur de la substance grise jusqu'à la couche moléculaire. CAJAL signale l'extension énorme des ramifications de ces fibres (*fibres de* CAJAL). Les dernières branches de ces ramescences forment des arborisations variqueuses qui semblent envelopper de préférence, dit-il, les petites cellules pyramidales. Ces fibres représentent-elles la terminaison cérébrale des nerfs du faisceau sensitif, celle des cylindraxes des cellules dans les dendrites desquelles s'arborise le neurone bulbo-thalamique du ruban de REIL médian ? Sans pouvoir rien affirmer, l'illustre histologiste espagnol incline visiblement dans ce sens. Au cas où ces fibres seraient l'irradiation terminale de la voie sensitive centrale, on connaîtrait le point du névraxe où les courants afférents arrivent aux cellules de projection et deviennent des courants efférents ou volontaires.

Il est évident qu'un pareil schéma, à peine suffisant pour expliquer les mouvements réflexes ou automatiques les plus simples, est beaucoup trop rudimentaire pour l'intelligence d'un mouvement « volontaire »,

celui-ci impliquant par définition l'éveil simultané ou successif d'un nombre considérable de représentations, et sans doute l'activité presque tout entière des éléments nerveux de l'écorce cérébrale. Mais ce n'en est pas moins une remarque précieuse que celle de RAMON Y CAJAL qui, pour éclairer cette hypothèse au moyen d'une analogie frappante, rappelle que, comme les fibres sensitives sans doute, les fibres sensorielles se terminent toujours, par de libres arborisations, dans la couche moléculaire du cerveau en se mettant en rapport avec les dendrites des cellules pyramidales. Ainsi, dans le lobe olfactif des mammifères, les branches collatérales et terminales d'une grande partie des fibres venues du bulbe olfactif montent dans cette zone et s'y arborisent dans les ramures protoplasmiques des cellules pyramidales. Dans l'écorce cérébrale des reptiles, non seulement les cylindraxes des fibres olfactives, mais sans doute aussi ceux des fibres sensitives, se terminent dans la couche moléculaire du cerveau. L'incitation du mouvement volontaire, au sens que nous avons dit, naîtrait donc dans l'épaisseur de la zone moléculaire. Et CAJAL explique ainsi la production des mouvements limités à certains groupes de muscles que provoque l'excitation mécanique, chimique ou électrique de l'écorce cérébrale : les excitations diffusées dans la zone moléculaire agiraient soit *directement* sur les dendrites des cellules pyramidales, soi *indirectement* sur les fibrilles nerveuses de cette zone ; bref, « le stimulant du physiologiste agirait sur le même point que la volonté de l'animal ».

La préoccupation constante des anatomistes et des physiologistes a toujours été de déduire la nature fonctionnelle d'une cellule nerveuse de ses caractères morphologiques : c'est sur ceux-ci que reposait l'hypothèse des cellules de motilité et de sensibilité de GOLGI, hypothèse ruinée par KÖLLIKER, HIS, WALDEYER et VAN GEHUCHTEN. Des organes des sens, tels que la rétine, la muqueuse et le bulbe olfactifs, contiennent un grand nombre de cellules nerveuses à cylindraxes longs; des organes à fonctions motrices, tels que le cervelet, la zone rolandique, renferment un grand nombre de cellules à cylindraxes courts. Ajoutez qu'il existerait des cellules à cylindraxes multiples. Il est donc impossible de ramener à une morphologie spéciale les cellules nerveuses dites sensitives ou sensorielles, motrices, commissurales, d'association ou de projection. Il nous paraît bien pourtant que les cellules du deuxième type de GOLGI, qui sont sans doute des cellules de sensibilité, mais comme toutes les autres cellules nerveuses, sans exception, la sensibilité générale étant la seule propriété spécifique de ces éléments, quoique les divers modes de sensibilité spéciale aient été acquis, au cours de l'évolution, par l'effet de la division du travail physiologique, — il nous paraît, comme à von MONAKOW, que ces cellules de GOLGI, appelées *dendraxones* par von LENHOSSEK,

sont bien des neurones d'association, et qu'on pourrait surprendre ici quelque rapport entre la fonction, la morphologie et la topographie de ces cellules. Il reste toutefois que les cellules des fibres d'association, de commissuration et de projection ne siègent exclusivement dans aucun district de l'écorce et semblent les habiter tous. C'est même là, suivant Ramon y Cajal, « une disposition qui explique peut-être, dit-il, l'extrême rareté des altérations intellectuelles bien délimitées à une sphère d'activité et la conservation des fonctions cérébrales dans les cas de grave lésion de tel ou tel département encéphalique ».

Ce qui peut rendre raison du mécanisme des fonctions de l'innervation centrale, de celles de l'écorce cérébrale en particulier, ce n'est donc pas la morphologie cellulaire : ce sont les connexions des cellules entre elles. Ces connexions sont immenses, et bien propres à déconcerter l'imagination. Dans la zone moléculaire, point commun de rencontre d'une « infinité de fibres nerveuses terminales avec les dendrites des cellules pyramidales », voici les courants nerveux que les terminaisons arborescentes des cylindraxes et des collatérales existant dans cette zone peuvent communiquer aux vastes ramures protoplasmiques et aux corps cellulaires des pyramides : 1° courants des quatre espèces de cellules autochthones de la zone moléculaire ; 2° courants des cellules à cylindraxe ascendant ; 3° courants des cellules pyramidales d'association, arrivant de tous les points de l'écorce, par le canal des collatérales ascendantes ou de l'arborisation terminale des cylindraxes de ces cellules ; 4° courants apportés peut-être indirectement des cellules de la moelle épinière ou du cervelet, etc.; 5° courants venus peut-être de l'hémisphère opposé par les branches terminales des fibres calleuses.

Les connexions qui peuvent avoir lieu entre le corps cellulaire, la tige et les expansions protoplasmiques des cellules pyramidales et polymorphes des trois dernières couches de l'écorce grise des vertébrés sont plus énormes encore : cinq espèces de fibres nerveuses peuvent en effet venir, par leurs contacts, éveiller ou entretenir l'activité fonctionnelle de ces innombrables neurones : 1° les collatérales de la substance blanche du cerveau ; 2° les collatérales des fibres du corps calleux ; 3° les fibres terminales d'association intrahémisphérique ; 4° les arborisations des cellules de Golgi ; 5° les fibrilles collatérales, en nombre infini, émanées des cylindraxes des cellules de ces trois couches profondes pendant leur trajet intracortical. Le plexus nerveux formé autour de ces cellules par un si grand nombre de filaments paraît absolument inextricable. En tout cas, ce serait une prétention téméraire, de l'aveu de Cajal lui-même, que de vouloir énumérer par le détail tous les rapports de contiguïté que peut soutenir une seule cellule pyramidale, par exemple.

Il semble en résulter que, comme l'admet GOLGI, une seule cellule nerveuse peut être en connexions indépendantes les unes des autres avec des éléments nerveux fonctionnellement différents. De même pour les cellules de PURKINJE du cervelet : chaque point du corps et de l'arborisation protoplasmique de ces neurones est enveloppé par une espèce distincte de ramifications nerveuses terminales : par les *corbeilles terminales,* le corps de la cellule est en rapport avec les cellules étoilées de la couche moléculaire ; la *tige maîtresse* et les principaux *rameaux* ascendants sont en relation, par les arborisations des fibres grimpantes, « s'entrelaçant comme des lianes aux branches d'un arbre des tropiques, » avec les éléments nerveux de la moelle ou du cerveau ; les vastes *ramures aplaties,* hérissées d'épines, sont parcourues par les fibres parallèles, nées de la bifurcation du cylindraxe ascendant des grains, les ramifications des fibres moussues apportant peut-être à ces grains les courants nerveux de la voie cérébelleuse directe de la moelle épinière.

Grâce au plexus fibrillaire de l'écorce du cerveau, les cellules pyramidales peuvent donc subir l'action : 1° des cellules de GOLGI ou à cylindraxe court, situées dans les couches de ces cellules ; 2° des cellules d'association intrahémisphérique d'un même hémisphère ; 3° des cellules de l'hémisphère opposé, au moyen : *a* des fibres calleuses ; *b* de celles de la commissure blanche antérieure ; 4° des cellules de la moelle ou du cervelet, etc. ; 5° des cellules pyramidales situées au-dessus de telle strate déterminée, envoyant leurs collatérales à la tige, au corps et aux expansions basilaires des neurones inférieurs. Bref, chaque collatérale, grâce à sa longueur considérable, à ses arborisations, à son parcours, « peut toucher transversalement aux tiges protoplasmiques et aux corps de centaines de cellules, de sorte qu'une seule petite cellule pyramidale peut, par l'intermédiaire de ses collatérales nerveuses, influer sur plusieurs séries de cellules pyramidales moyennes et petites situées au-dessous d'elle ». A son tour, chaque grande cellule pyramidale, par l'effet de la surface considérable de contact que présentent ses dendrites, sa tige, ses expansions basilaires, peut recueillir un grand nombre de courants nerveux des petites cellules pyramidales situées au-dessus d'elle. En vertu de la loi de la polarité dynamique, les courants vont, en effet, dans l'écorce grise du cerveau, des petites cellules pyramidales aux grandes, et de celles-ci aux cellules polymorphes.

Les différentes catégories d'éléments nerveux constituant les deux écorces du cerveau et du cervelet soutiennent entre eux des rapports de connexion et des rapports fonctionnels. Les éléments hétérogènes apparaissent, sur une coupe verticale de l'écorce, disposés par couches plus ou moins nettement séparées. Dans le sens horizontal, au contraire, et

d'une manière générale, chaque élément se trouve placé près d'éléments pour la plus grande partie semblables à lui-même, appartenant à la même espèce de neurones.

Dans le cervelet, où les divers types d'éléments nerveux offrent la plus grande diversité, la disposition est analogue; mais nulle part l'ordonnance régulière de ces éléments par strates dans l'épaisseur de l'écorce n'est plus constante et, pour ainsi dire, aussi géométrique (1). On connaît le parallélisme parfait qu'affectent les divisions en T des cylindraxes des grains dans la couche moléculaire du cervelet. Outre les écorces cérébrale et cérébelleuse, il existe d'autres lames grises dans le myélencéphale : telles sont les olives bulbaires, protubérantielles, cérébelleuses. Dans les olives, la disposition lamellaire est déterminée par les rapports réguliers de superposition et de contiguïté des différentes voies nerveuses afférentes : l'épaisseur de l'organe dépend du nombre des faisceaux ascendants et descendants dont les directions opposées se croisent. Les écorces grises du cerveau antérieur ou pallium et du cervelet ne sont, elles aussi, que deux ganglions nerveux situés chacun au sommet d'un arc diastaltique complexe où, dans la profondeur de l'organe, se mêlent les voies nerveuses centripètes et centrifuges.

Le nombre et la variété des types cellulaires, le volume des éléments nerveux, ainsi que leur situation, sont l'expression anatomique des fonctions manifestées par ces neurones. Ces facteurs déterminent, pour chaque organe, dans chaque espèce et chaque individu, l'épaisseur de l'écorce. La raison d'être de telle ou telle structure macroscopique de l'écorce réside ainsi dans le mode d'activité des différentes variétés de neurones. Les rapports anatomiques des éléments nerveux dépendent, en dernière analyse, de leurs rapports fonctionnels.

L'extension en surface de la substance grise corticale dépendrait donc en premier lieu de la disposition anatomique des éléments nerveux déterminée par les fonctions de l'écorce, centre le plus élevé de terminaison et d'origine des faisceaux de projection afférents et efférents. Les ganglions inférieurs sont, comme l'écorce, des centres de coordination sensitivo-motrice, dont les arcs réflexes, plus ou moins compliqués, sont destinés à l'exécution d'actes relativement simples et dont le mécanisme possède une grande uniformité relative. L'écorce cérébrale est au contraire un centre de coordination sensitivo-motrice systématique des plus complexes, où affluent par des voies différentes toutes les impres-

(1) E. Lugaro. *Sulla genesi delle circonvoluzioni cerebrali e cerebellari*. Riv. di patologia nerv. e ment., II, 1897.

sions sensitives et sensorielles des milieux interne et externe, et d'où partent d'innombrables incitations transmises à des groupes de neurones moteurs inférieurs, sortes d'exécuteurs aveugles des actes réflexes et des actions volontaires.

Il est vrai qu'à côté des centres de projection il existe, dans l'écorce, des centres d'association sans couronne rayonnante (FLECHSIG). Mais, entre les voies d'association et les voies de projection, il n'y a point de différence relativement au mode de terminaison ou d'origine de ces faisceaux dans l'écorce ; leur rôle physiologique divers dépend uniquement de la nature des centres nerveux corticaux d'où partent (sphères sensorielles) et où s'arborisent (centres d'association) les fibres de ces faisceaux. Pour le mécanisme de coordination dont la complexité détermine une extension en surface correspondante de l'écorce, il n'importe en rien que les fibres afférentes s'élèvent directement des centres sous-corticaux ou proviennent d'autres points de l'écorce, ni que les fibres efférentes se terminent dans des centres inférieurs ou dans des centres plus ou moins distants appartenant à l'écorce (1).

Ce qui vient d'être dit pour le cerveau convient aussi pour le cervelet.

L'écorce cérébelleuse reçoit des fibres afférentes de deux sortes : 1° les ***fibres moussues***, provenant probablement des cellules des colonnes de CLARKE, et des noyaux bulbaires homologues, qui se ramifient dans la couche des grains ; 2° les ***fibres grimpantes***, dont les cylindraxes s'arborisent en plexus grimpants, provenant des cellules des noyaux du pont de VAROLE, qui, une fois arrivées à la zone moléculaire, s'appliquent contre la tige ascendante des cellules de PURKINJE, « s'élevant par son intermédiaire comme des lianes le long des branches d'un arbre des tropiques » (RAMON Y CAJAL). Les cylindraxes descendants de l'écorce du cervelet dérivent exclusivement des cellules de PURKINJE. Chaque portion du corps et des ramifications de ces neurones est, on l'a dit, enveloppée par une espèce distincte d'arborisations nerveuses terminales. Les ***cylindraxes des grains*** ou fibrilles parallèles entrent en contact avec les ramuscules protoplasmiques des dendrites. Les ***corbeilles ter-***

---

(1) JULES SOURY. Article *Cerveau* du *Dictionn. de Physiologie* de CH. RICHET, II, 547-670, 788-976. Dans les grands centres d'association de FLECHSIG, qui couvrent les deux tiers de la convexité de l'écorce, rayonnent des faisceaux de ***fibres d'association centripètes***, et des faisceaux de ***fibres d'association centrifuges*** en sortent. Les réflexes cérébraux n'existent pas seulement en effet dans les centres de projection, mais dans les centres d'association qui sont, eux aussi, des centres mixtes. Leur activité dépend de la transmission des ondes nerveuses qui leur sont apportées par des ***nerfs centripètes d'association*** dont les cellules d'origine sont dans les aires sensitives et sensorielles de l'écorce. Cette activité se manifeste, comme dans tous les centres du névraxe, par des réactions motrices, de nature inhibitrice ou incitatrice, transmises aux centres de projection par le canal des prolongements cylindraxiles des ***neurones d'association centrifuges***, dont les cellules d'origine sont dans les centres mêmes d'association. Les centres d'association, en particulier le centre d'association antérieur ou préfrontal, sont loin d'être absolument dépourvus de fibres de projection ou de couronne rayonnante (p. 860, 864-5).

minales des petites cellules étoilées de la couche moléculaire, cellules d'association (1), entourent le corps de la cellule. Enfin, les *arborisations grimpantes* sont successivement en connexion avec le corps, le tronc et les branches protoplasmiques de ces neurones. Le développement des arborisations grimpantes est un exemple remarquable, en même temps que du fait de la polarité des prolongements protoplasmiques et cylindraxiles, du mode général d'action par influence ou par contact qu'exercent les arborisations cylindraxiles des neurones sur le corps cellulaire et les expansions dendritiques d'autres neurones. ATHIAS, dans ses *Recherches sur l'histogenèse de l'écorce du cervelet* (1897), a vu qu'à un stade embryonnaire où la cellule de PURKINJE ne possède pas de panache, la fibre grimpante vient se mettre en rapport avec son *corps*, et qu'à mesure que le panache se développe, l'arborisation quitte peu à peu le corps cellulaire pour envelopper le *tronc* protoplasmique d'abord, puis chacune de ses *branches*. Quand la cellule de PURKINJE est devenue adulte, les mailles du plexus grimpant entrent en contact avec les épines des dendrites. « Le fait qu'une fibre entoure le corps d'une cellule tant que celle-ci ne possède pas de prolongements protoplasmiques, et qu'elle le quitte plus tard pour se mettre en rapport avec ses expansions dendritiques, tend à prouver que les prolongements protoplasmiques sont les organes récepteurs par excellence des excitations nerveuses. En même temps le corps cellulaire devient libre pour recevoir des excitations secondaires de cellules d'association (corbeilles terminales des cellules étoilées). »

Il résulte de ces dispositions anatomiques qu'une coordination des voies afférentes et efférentes aussi régulière, aussi capable de distribuer l'influx nerveux symétriquement aux deux moitiés du corps, ne saurait mieux s'effectuer que dans un organe tel que l'écorce du cervelet. C'est là un fort indice de probabilité « en faveur de l'hypothèse d'après

---

(1) C'est à propos de ces cellules étoilées, dont GOLGI avait reconnu la nature nerveuse, mais sans pouvoir mettre en évidence leur terminaison, et cela à cause de l'hypothèse du réseau nerveux interstitiel destiné à expliquer les communications intercellulaires, que RAMON Y CAJAL a écrit les lignes suivantes, dont l'intérêt historique est considérable : « Nos recherches réitérées, d'abord dans le cervelet des oiseaux (1888), puis dans celui des mammifères, nous procurèrent la joie de résoudre ce point dont l'importance éclatera aux yeux, si l'on considère *qu'il s'agit du premier fait bien établi d'une terminaison des cylindraxes dans les centres nerveux*. Jusqu'alors on avait suivi les fibres nerveuses de la substance grise sur une distance plus ou moins grande de leur trajet, mais personne n'avait été témoin de leur mode de terminaison. Aussi, devinant que nous étions en présence, non d'un fait isolé de connexion nerveuse, mais de la loi qui commande les rapports de tous les corpuscules nerveux, on comprendra facilement la *satisfaction* et l'*émotion* que nous avons éprouvées à publier notre découverte. *Notre conviction d'avoir trouvé la clef des rapports nerveux centraux* n'était pas une illusion, presque toutes nos recherches ultérieures nous en persuadent ; car ces recherches ne représentent rien d'autre que la confirmation ou l'extension à diverses parties du système nerveux du fait fondamental... Le fait le plus important consiste en ce que tous les ramuscules collatéraux descendants, aussi bien que l'arborisation terminale de cette fibre nerveuse, cylindraxile, des cellules étoilées, constituent, en se ramifiant autour du corps des cellules de PURKINJE, un plexus très épais, intimement superposé au protoplasma cellulaire. De la sorte chaque corps cellulaire de PURKINJE est, pour ainsi dire, doublé d'une *corbeille* formée par des ramifications nerveuses terminales, excessivement épaisses et variqueuses... On comprend aisément que la fin d'une telle disposition ne peut être que d'établir une relation dynamique, une véritable *communication de courant* entre les cellules étoilées et les cellules de PURKINJE. »

laquelle cet organe prend une part très importante à la fonction de l'équilibre ». La conservation de l'équilibre serait ainsi un effet de la « bidimensionalité de l'ordre des connexions anatomiques de l'écorce du cervelet » (Lugaro). Le cylindraxe, très long, des cellules étoilées, a un trajet non seulement parallèle à la surface du cervelet, mais rigoureusement transversal, c'est-à-dire parallèle au plan des arborisations des cellules de Purkinje, ainsi que les fins prolongements cylindraxiles des grains, parallèles à la direction de la lamelle cérébelleuse. L'équilibre serait maintenu par voie réflexe au moyen d'excitations continues et bilatérales de la musculature du corps. Quand l'équilibre est compromis, pour une cause quelconque, cette innervation compensatrice le rétablirait. Les voies des pyramides, en traversant le pont de Varole, émettent, on le sait, des collatérales qui s'arborisent entre les cellules des noyaux protubérantiels; les prolongements nerveux de ces cellules se terminent par les arborisations grimpantes qui entourent la tige ascendante et les branches maîtresses des dendrites des cellules de Purkinje. Tout mouvement volontaire, parti des zones rolandiques de l'écorce cérébrale, doit donc agir, dans une certaine mesure, sur l'écorce cérébelleuse; une action en réponse doit compenser le désordre d'équilibre du corps que tout mouvement, volontaire ou non, tend à produire en déplaçant le centre de gravité.

L'écorce cérébrale possède, dans chaque espèce, à titre de caractère spécifique, une forme définie et constante. Le nombre et la profondeur des sillons ne sont pas moins constants et définis. Quelles sont les causes et de la forme et de l'étendue en surface de l'écorce dans chaque espèce? Si l'écorce est, en partie du moins, un « organe de projection » où sont représentées les surfaces sensibles, internes et externes, de l'organisme, il est naturel que l'*étendue de ces surfaces*, variable avec l'importance relative des différents organes, influe sur l'étendue des aires corticales correspondantes. Il faut en dire autant des organes de motilité dont les dimensions et la puissance sont en raison de l'étendue et de la complexité morphologique des territoires corticaux d'origine des faisceaux centrifuges de projection.

Outre les surfaces sensibles internes et externes du corps et la puissance ou le degré de différenciation fonctionnelle des appareils moteurs, la *masse* de l'animal est un autre facteur important de l'étendue de l'écorce. Cet élément perturbateur reparaît toutes les fois qu'on cherche à déduire le degré de supériorité psychique de la quantité de matière grise de l'écorce. A égalité d'intelligence, la masse du corps, plus considérable dans une espèce que dans l'autre, entraîne une augmentation en surface et en poids de l'écorce.

Mais l'écorce cérébrale n'est pas seulement un organe de projection;

c'est encore, surtout chez l'homme et les anthropoïdes, un centre d'association, le nombre et l'étendue des voies et des centres d'association croissant en proportion directe du degré d'élévation psychique de l'espèce. Les voies d'association ne se comportent pas autrement que les voies de projection quant à l'extension en surface de l'écorce; elles agissent dans le même sens, qu'il s'agisse des voies longues ou courtes d'association, intra ou intercorticales. L'anatomie comparée des neurones montre comment, des simples tigelles sans ramification des prolongements protoplasmiques des cellules de l'écorce cérébrale des amphibiens, on s'élève graduellement aux ramures et aux ramescences luxuriantes des dendrites des cellules pyramidales de l'homme. Or, enseigne Ramon y Cajal, c'est à la richesse de ces connexions qu'on mesure le degré de puissance et de complexité mentales. L'abondance et les dimensions des organes d'association dans l'écorce des mammifères les plus élevés font que les corps des neurones sont séparés par une plus grande distance, remplie de l'épais feutrage des dendrites, des arborisations terminales et des collatérales des cylindraxes. Voilà donc encore une cause d'augmentation de l'écorce grise qui, croissant en tout sens, s'étend surtout en superficie. Sauf pour ce qui a trait aux longues voies d'association, qui manquent dans le cervelet, il en est pour l'écorce de cet organe comme pour celle du cerveau.

La quantité de la substance blanche dépend du nombre, de l'épaisseur et de la longueur des fibres nerveuses. Le nombre de ces fibres croît directement avec la structure et les fonctions de l'écorce. Si les faisceaux de projection ascendants et descendants sont en rapport avec la masse du corps, avec l'étendue des surfaces sensibles internes et externes, avec la puissance et la différenciation des appareils moteurs, les faisceaux d'association sont l'expression anatomique de la supériorité et de la complexité des fonctions de l'intelligence. Ces deux ordres de faits, anatomiques et physiologiques, influent nécessairement sur la quantité de la substance blanche, puisqu'ils modifient le nombre des fibres nerveuses de cette substance. Le volume ou calibre de ces fibres dépend de leur rôle fonctionnel; les conditions les plus favorables d'isolement du cylindraxe, de nutrition, de conductibilité, existent d'ordinaire. De même pour la longueur des fibres : l'onde nerveuse tend à se propager par le plus court chemin, répète Cajal, car plus l'étendue des fibres reliant les organes est brève, plus la transmission du courant est rapide, et ces adaptations fonctionnelles influent encore sur la forme du cerveau.

Si, au cours de l'évolution phylogénique, la surface corticale en croissance ne s'était pas plissée, et si le crâne avait dû la suivre dans cette expansion, deux graves inconvénients, entre autres, seraient résultés de

l'énorme augmentation de la substance blanche : 1° l'extension de la cavité ventriculaire, entraînant l'augmentation de poids de l'organe; 2° l'allongement de toutes les voies nerveuses, soit de projection, soit d'association, amenant de grands retards de transmission. Or, la capacité ventriculaire est en raison inverse du développement des organismes (1), et, grâce au plissement de l'écorce, l'extension de la substance grise a pu demeurer en rapport avec la substance blanche. Cela apparaît avec plus d'évidence encore sur le cervelet, organe plus circonvolutionné que le cerveau (ÉRASISTRATE).

Les anciennes idées sur les *fibres arciformes d'association* du fond des sillons corticaux, celles sur les *commissures* du cerveau et du cervelet, ont subi quelque atteinte du fait des nouvelles méthodes d'imprégnation et de coloration des éléments du système nerveux. Dans aucune des nombreuses recherches instituées avec la méthode au chromate d'argent, on ne fait mention de fibres où l'on puisse reconnaître celles qu'a décrites MEYNERT. « Les fibres que j'ai pu observer au fond des sillons des circonvolutions, remarque LUGARO, et qui affectent la disposition en arc, appartenaient aux systèmes communs de projection de l'écorce. » Avec les méthodes colorant la gaine de myéline, l'observation de tractus isolés de pareilles fibres pourrait faire illusion sur leur provenance réelle. Les commissures ne servent pas non plus, nous l'avons souvent rappelé, à relier des parties *symétriques* ou homogènes d'un même organe : ce ne sont que des points d'entre-croisement de fibres qui établissent des connexions, mais de nature à assurer l'unité fonctionnelle entre les parties les plus diverses du même organe, voire avec d'autres centres nerveux. La démonstration a été faite en particulier pour les pédoncules cérébelleux moyens (RAMON Y CAJAL, PUSATERI).

Les méthodes nouvelles ont au contraire confirmé les recherches de CONTI (1884), reprises par CHIARUGI, qui ont démontré que la plus grande épaisseur de la substance grise est au sommet des plis de l'écorce circonvolutionnée, la moindre au fond des sillons (2). RAMON Y CAJAL a vu (1890) que, dans le développement du cervelet, les cellules de PURKINJE les plus rapprochées de la surface libre sont à un stade plus avancé que celles qui occupent le fond des sillons. LUGARO a observé la constance de ces faits, non seulement pour les cellules de PURKINJE, mais pour tous

---

(1) Cf., plus haut, p. 484-5.

(2) Cf. pour l'étude de l'épaisseur de l'écorce du cerveau humain, à l'état normal et pathologique, par CONTI et par GIONINI, *les Fonctions du cerveau*, par J. SOURY, 2e édit., 1892, p. 333-340. — CHIARUGI. *La forma del cervello umano e le variazioni correlative del cranio e della superficie cerebrale, e studio critico sulla genesi delle circonvoluzioni cerebrali*. Siena, 1886.

les neurones de l'écorce du cervelet. La migration des grains du cervelet, si bien étudiée par Ramon y Cajal et par Lugaro (1894), depuis la couche la plus superficielle de cet organe jusqu'à la couche profonde où ils s'arrêtent, migration qui continue encore dans les premiers temps de la vie extra-utérine, cesse plus tôt au sommet des lamelles qu'au fond des sillons. Cette migration des grains ne s'accomplit point pour tous simultanément; elle a lieu successivement, durant une longue période. De ces neurones, les uns sont déjà arrivés à leur place définitive que d'autres sont encore en train de descendre; les uns sont entrés dans la phase bipolaire, tandis que les autres présentent encore, dans la couche épithélioïde, des processus très actifs de karyokinèse. Bref, selon Lugaro, le grain ne descend à travers la couche moléculaire et ne va occuper son poste définitif que lorsque son activité proliférante est épuisée.

Quelles causes déterminent la *direction* des *sillons* et celles des *circonvolutions*? Les hypothèses de Reichert et de Seitz, d'après lesquelles cette direction est rapportée à celle des artères, en désaccord avec beaucoup de faits, sont surtout inapplicables au cervelet, où souvent existe « une disposition tout à fait opposée ». Si le développement du crâne suit celui de l'encéphale durant tout le développement phylogénique, la forme de la calotte crânienne pourrait, à titre de facteur d'importance secondaire, concourir à déterminer la direction des sillons. Outre l'action du cerveau, la forme du crâne subit d'autres influences modificatrices, capables de retentir sur la morphologie de l'organe nerveux. Ces influences modificatrices de la forme du crâne, Lugaro les énumère ainsi : le rapport entre l'axe du corps et la verticale, l'attitude, la situation et la grandeur des appareils et organes crâniens des sens, les rapports des os de la face, les insertions crâniennes des muscles, surtout de ceux de l'appareil masticateur. Le rapport signalé par Meyer, Meynert et Rüdinger entre la dolichocéphalie et la brachycéphalie d'une part, et la direction des sillons d'autre part, paraît également fondé à Lugaro; mais, comme la raison génétique de ces formes du crâne nous échappe, elles peuvent être aussi bien des effets que des causes, — effets de causes inconnues, ayant déterminé ces formes céphaliques, expressions probables de caractères ethniques. L'étude de toutes ces influences sur la forme et la division des sillons corticaux est encore fort peu avancée. Même en les admettant, Lugaro demeure fort éloigné de leur accorder une action prépondérante sur la forme du crâne. Cette action, il la voit toujours dans la morphologie du cerveau. C'est dans le nombre et la variété des connexions des voies de projection et d'association des diverses régions de l'écorce qu'il faut toujours chercher la raison explicative de l'extension différente de ces territoires nerveux dans telle ou telle direction. Déjà en se fondant sur cet ordre de considérations Schnopfhagen et Flesch ont esquissé à grands traits une explication de l'origine et de la nature des plis et des sillons de l'écorce cérébrale (1).

---

(1) F. Schnopfhagen. *Die Faltung der Grosshirnrinde*. Tagebl. der 61 Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzt. zu Köln, 1888; *Die Entstehung der Windungen des Grosshirns*. Jahrb. f. Psych., IX, 1890. Flesch. *Ueber die Ursache der Hirnwindungen*. Correspond. f. schweiz. Aerzte, 1888; *Die Bedeutung der secundären Furchen für die Erkenntniss der Ursachen der Hirnfurchung*. Anat. Anzeig., 1890.

Dans le développement lent et continu de la phylogénie de la forme du cerveau, si l'on ne saurait exclure l'influence des variations individuelles utiles, résultat de toute adaptation fonctionnelle, c'est surtout dans les effets de l'activité des éléments nerveux de cette province du névraxe, dans les excitations physiologiques provoquées par les besoins nouveaux auxquels se sont trouvées aux prises les différentes familles de vertébrés au cours des luttes séculaires pour l'existence, qu'il convient de chercher la cause principale des progrès de la forme organique de l'écorce du télencéphale. Cette forme, avec tous ses mécanismes, tels qu'ils se montrent dans l'embryon, le fœtus et le nouveau-né, est sortie de formes très simples, très rudimentaires, héritées des plus lointains ancêtres : elle résulte surtout de la fixation par l'hérédité de *modifications adaptatives presque insensibles,* mais progressives, d'un petit nombre de centres corticaux élémentaires et surtout des connexions de ces centres entre eux.

Tous les éléments constituant le système nerveux central et périphérique sont des individus anatomiquement isolés, mais fonctionnellement associés par des rapports de contiguïté, condition de la transmission des courants nerveux des arborisations terminales et collatérales des cylindraxes aux corps et aux expansions protoplasmiques des cellules nerveuses. Si ces expansions font défaut (spongiobastes de la rétine, etc.), la surface du corps cellulaire est le point du contact efficace des arborisations nerveuses. Dans les cellules bipolaires (auditives, olfactives, rétiniennes, bipolaires sensitives des vers, bipolaires sensitives des ganglions spinaux des poissons), l'expansion périphérique, destinée à recevoir les courants dérivant des impressions sensitives ou sensorielles, est relativement grosse : c'est, pour Cajal, un prolongement cellulaire de nature protoplasmique, ce qui s'accorde avec la direction cellulipète du courant dans ces prolongements. De même pour la branche périphérique des cellules unipolaires des ganglions spinaux des batraciens, reptiles, oiseaux, mammifères ; elle a la valeur d'un prolongement protoplasmique et conduit le courant dans le même sens. La branche centrale, plus fine, est un véritable prolongement nerveux, à courant de direction cellulifuge. Les expansions protoplasmiques, ou dendrites, ne sont point de simples appareils trophiques du neurone, sortes de radicelles suçant le plasma sanguin des capillaires : elles ne sont pas plus en connexion avec les vaisseaux qu'avec la névroglie ; elles ont la même fonction conductrice de courants nerveux que le prolongement cylindraxile et ses collatérales. Les glomérules du bulbe olfactif, où les fibres olfactives s'arborisent à proximité des prolongements descendant des cellules mitrales, ne contiennent ni vaisseaux sanguins, ni cellules de névroglie. Il n'en existe pas

non plus dans la couche plexiforme interne de la rétine, où les ramifications protoplasmiques des cellules nerveuses ganglionnaires entrent en rapport avec les cellules bipolaires. Partout où s'arborisent des fibres nerveuses, dans la substance grise ou dans la substance blanche, il y a des ramifications protoplasmiques, et réciproquement. La longueur extrême de certaines tiges protoplasmiques (cellules pyramidales du cerveau, cellules de PURKINJE du cervelet, etc.), ainsi que l'exubérance des expansions protoplasmiques latérales et basilaires de ces cellules, sont en proportion avec le nombre des arborisations dont elles doivent recueillir les courants. Les épines et les encoches interépineuses qui hérissent les branches et les rameaux de ces dendrites représentent sans doute les points où les terminaisons des fibres nerveuses entrent en contact avec ces branches (1).

Entre le volume du corps des cellules nerveuses et la grosseur et le nombre des éléments chromatiques un rapport existe (NISSL). Ce fait d'observation général est contraire à l'hypothèse d'après laquelle la quantité de ces éléments du cytoplasma correspondrait à une *dignité fonctionnelle* plus élevée de la cellule, car les cellules des noyaux moteurs possèdent des granules plus gros et plus nombreux que les cellules pyramidales de l'écorce cérébrale. Les cellules volumineuses des poissons, des batraciens et des reptiles présentent à cet égard une supériorité semblable sur les petites cellules nerveuses des mammifères, telles que les grains du cervelet, du bulbe olfactif, etc. L'étude comparée de la distribution et répartition des éléments chromatiques du cytoplasma dans la série phylogénique (2), aussi bien que dans le développement ontogénique, a permis à CAJAL d'établir les principales phases de ce pro-

---

(1) La réalité objective, plusieurs fois révoquée en doute, de ces appendices épineux des dendrites, que fait apparaître la coloration de GOLGI, a été démontrée par RAMON Y CAJAL au moyen d'un autre procédé que la réaction noire par le chromate d'argent : il a réussi à les rendre manifestes avec la coloration au bleu de méthylène. Il soumet le tissu vivant, sectionné *in situ* en parties de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, à l'action directe d'une solution saturée de bleu de méthylène et d'une certaine quantité de poudre de cette substance colorante. Les morceaux excisés sont après trois quarts d'heure traités par la méthode de BETHE. Sur les préparations ainsi obtenues, les appendices collatéraux des dendrites se présentent avec les mêmes caractères que dans la réaction noire, c'est-à-dire constitués par un prolongement extrêmement ténu, terminé à l'extrémité par une sorte de bouton minuscule. Avec la méthode ordinaire de coloration d'EHRLICH-DOGIEL, les épines n'apparaissent point ; on voit des varicosités que CAJAL considère comme la production d'une altération post-mortelle, probablement due à l'action de l'air, inséparable de cette méthode de coloration. — RAMON Y CAJAL. *Las espinas colaterales de las celulas del cerebro tenidas par el azul de metileno*. Rev. trimestr. microgr., vol. I, 1896.

(2) D. TIMOFEEW, en étudiant la structure des cellules nerveuses des ganglions spinaux et du grand sympathique chez les *oiseaux*, a été frappé de l'abondance de la substance chromophile qui se trouve non seulement dans les cellules du *sympathique* et des *ganglions spinaux*, mais dans celles de la *moelle* et de l'*écorce* : il la croit en rapport avec l'activité des échanges organiques chez ces vertébrés.

cessus de différenciation : *a)* état de diffusion des granules chromatiques dans le protoplasma cellulaire ; *b)* apparition de granules à la périphérie du cytoplasma laissant autour du noyau une zone claire qui s'étend jusque dans les prolongements protoplasmiques ; *c)* mélange d'une zone de granules périnucléaires avec la zone périphérique ; *d(* extension de ces éléments chromatiques à tout le corps de la cellule et aspect fusiforme de ces corpuscules orientés parallèlement aux prolongements protoplasmiques, pour ne pas gêner le passage des courants nerveux.

Ceux-ci paraissent suivre les fibrilles d'un réseau de spongioplasma achromatique ; ces fibrilles conduisant l'excitation sont les unes longitudinales, les autres horizontales; les premières sont plus épaisses que les secondes. Ce réseau, dont l'aspect fibrillaire a été observé par Schultze, Ranvier, Flemming, Dogiel, décrit par Cajal, s'étend vers le cylindraxe et les prolongements protoplasmiques. Les fins prolongements dendritiques et la terminaison des puissants rameaux de ces prolongements manquent d'éléments chromatiques ; leur fonction physiologique n'est sans doute pas identique à celle du cytoplasma. Ainsi, tandis que le corps de la cellule et ses fortes branches protoplasmiques, où sont accumulés des éléments chromatiques, entrent en conflit avec les ramifications nerveuses ambiantes, les arborisations des prolongements cylindraxiles n'ont de contact efficace qu'avec les ramescences terminales des dendrites. Les cellules « obscures » se rencontrent chez tous les vertébrés et dans tous les centres nerveux; elles se caractérisent constamment par l'allongement des corpuscules chromatiques fusiformes et la diminution des espaces interfibrillaires du cytoplasma. Les cellules chromophiles représentent sans doute, comme Nissl le croit, un état fonctionnel de la cellule nerveuse, peut-être en phénomène d'arrêt provoqué par la contraction de la substance basophile du protoplasma. Cette substance, qui paraît n'avoir rien à faire avec la fonction de conductibilité nerveuse (1), est loin d'être propre au protoplasma des neurones ; on en constate la présence chez certains leucocytes (Ramon y Cajal), dans les cellules du tissu

---

Le noyau possède toujours, chez ces animaux, deux nucléoles, l'un identique à celui des mammifères, des amphibies et des poissons, formé d'une substance basophile et d'une substance acidophile ; l'autre en totalité acidophile (*).

(1) Non seulement elle fait défaut dans quelques cellules nerveuses, remarque Ramon y Cajal, mais dans les neurones mêmes où elle est abondante, elle laisse libres les voies qui, d'un prolongement protoplasmique à un autre, du corps cellulaire au cylindraxe, permettent au réseau fibrillaire de propager les ondes nerveuses.

(*) *Beobachtungen üb. d. Bau d. Nervenz. d. Spinal-ganglion u. d. Sympathicus beim Vogel.* Intern. Monatsschr. f. An. u. Phys., XV, 1898.

connectif et dans celles de la névroglie; elle ne forme toutefois d'amas considérables que dans les grandes cellules nerveuses. L'histologiste espagnol est porté à voir dans ces amas de substance basophile, dans ces corpuscules chromatiques, une sorte de production « destinée sans doute à servir de matériaux de nutrition à la cellule durant son activité fonctionnelle ». CAJAL estime même qu'il serait permis de comparer ces éléments aux corpuscules fusiformes des couches du sarcoplasma des fibres musculaires striées, dont le volume paraît également varier d'une façon notable pendant la contraction. Quant au noyau de la cellule nerveuse, il se modifie lui aussi d'une manière correspondante au degré de différenciation anatomique et physiologique de l'élément dont il est sans doute le substratum des énergies fondamentales; toute la nucléine subit une concentration progressive en un ou deux nucléoles. Les cellules nerveuses dont la nucléine s'est ainsi différenciée ont sans doute perdu la faculté de proliférer dès la période embryologique de leur existence. Il en est autrement des cellules de la névroglie, on le sait, dans lesquelles la nucléine conserve toujours sa disposition réticuliforme (1).

Les conclusions physiologiques sur la nature des fonctions supérieures du cerveau que RAMON Y CAJAL a tirées de ses études anatomiques peuvent être résumées ainsi (2) :

I. Ni la structure interne ni les connexions de la cellule nerveuse cérébrale n'ont rien qui la distingue des autres cellules nerveuses de même type. Quelle que soit sa fonction, toute cellule nerveuse semble posséder la même structure, les mêmes propriétés physiques, la même composition chimique. Les cellules des cornes antérieures de la moelle, les cellules ganglionnaires de la rétine, celles du sympathique des vertébrés, etc., sont toutes pourvues du même cylindraxe, des mêmes prolongements protoplasmiques, des mêmes appareils de réception et de transmission des courants nerveux; bref, elles possèdent toutes les propriétés essentielles auxquelles nous rapportons les plus hautes fonctions de la vie cérébrale (association des idées, mémoire, intelligence). Quant à la complexité des connexions et à la variété des types morphologiques, l'écorce du cerveau n'égale même pas la merveilleuse structure du cervelet ou de la rétine.

Dans la lutte opiniâtre et sans trêve qu'elle soutient pour l'explication mécanique de la pensée, la science ne doit point perdre courage : ce qui distingue les cellules cérébrales de celles de la moelle et des ganglions,

---

(1) *Neue Darstellung vom histologischen Bau des Centralnervensystems* (*l. c.*, 373-377)
(2) RAMON Y CAJAL. *Estructura del protoplasma nervioso*. Rev. trim. microgr., I. 2.

n'est pas dans la forme extérieure, mais sans doute dans l'architecture intime et le chimisme de ces éléments, si bien que les mouvements intestins du protoplasma des cellules psychiques pourraient n'être point de même nature que ceux des cellules nerveuses de ces catégories inférieures.

II. — Il n'existe point de centre dans le cerveau où convergent toutes les fibres, soit sensitives, soit sensorielles, ni d'où partent toutes les fibres motrices : l'écorce représente une série de centres, dont chacun reçoit des fibres sensitives et sensorielles, et envoie des fibres motrices affectées à un ordre déterminé de mouvements. Ces centres sont reliés entre eux par les systèmes des fibres d'association et de commissuration pour réaliser les différents processus d'associations mentales (sensitivo-moteurs, conscients, inconscients) ; ces régions particulières de l'écorce n'offrent aucune structure spécifique qui permette d'en déduire les fonctions. La spécialité fonctionnelle d'un territoire cortical s'explique plutôt, ainsi que l'ont vu Meynert et Golgi, par la nature de ses connexions périphériques (organes des sens, muscles, etc.).

III. — On peut admettre, avec quelque réserve, que, dans la série animale, les fonctions psychiques sont liées aux cellules pyramidales, « cellules psychiques ». Chez les poissons, qui, « au pied de la lettre, ne manifestent aucune intelligence » (ce qu'on ne saurait accorder à Cajal), il n'y a point, d'après Edinger, de cellules pyramidales. Les cellules pyramidales possèdent des caractères spéciaux, qui ne manquent jamais chez les batraciens, reptiles, oiseaux, mammifères, et qui ont été énumérés.

IV. — La forme allongée des cellules pyramidales, avec ses prolongements multiples, correspond bien à l'idée qu'une cellule nerveuse doit être en rapport avec le plus grand nombre possible d'éléments. De même que la cellule de Purkinje du cervelet, grâce à son énorme développement en surface, est en rapport par chacune de ses parties (corps cellulaire, tige, dendrites) avec des fibres nerveuses d'une certaine catégorie, les cellules pyramidales recueillent, grâce à leur extrême longueur, les excitations nerveuses des régions les plus diverses au moyen de leur corps et de ses expansions basilaires, de leur tige et de ses ramifications protoplasmiques. Le nombre d'éléments déterminés avec lesquels une cellule peut entrer en relation dépend ainsi de l'extension et du degré de développement de ses prolongements protoplasmiques.

V. — Plus on s'élève dans la série animale, plus la « cellule psychique » grandit et se complique. On doit naturellement attribuer, au moins en partie, le progrès de la fonction à celui de la forme et de la complexité croissante de l'organe, c'est-à-dire de la cellule nerveuse. Vraisemblablement les fonctions d'une cellule psychique ont d'autant plus de puissance et d'efficace que le nombre des prolongements protoplasmiques et

des expansions basilaires est plus grand et que les collatérales du cylindraxe sont plus abondantes, plus longues, plus ramifiées. Le degré de développement de la cellule nerveuse est souvent en rapport avec son volume ; souvent il en est indépendant. En général, le volume des cellules semble être en rapport avec celui de l'animal : la poule et le lézard ont des cellules pyramidales plus grandes que le moineau, mais sans être pour cela plus différenciées ni plus capables, par conséquent, d'une activité intellectuelle supérieure. On doit aussi admettre que la dimension du corps cellulaire est en rapport avec l'extension et la richesse des arborisations terminales du prolongement nerveux, ou, en d'autres termes, que plus une cellule est grande, plus est grand le nombre des cellules (nerveuses, glandulaires, musculaires) avec lesquelles elle entre en connexion. Ni la longueur du cylindraxe, ni la richesse des prolongements protoplasmiques ne semblent influer, au moins d'une façon constante, sur la grosseur du corps cellulaire.

VI. — Les intervalles qui séparent les cellules psychiques étant remplis de ramifications nerveuses et protoplasmiques (la névroglie prend rarement part à ces plexus fibrillaires), on peut mesurer le degré de différenciation de ces éléments par leur écartement réciproque. Chez les batraciens et les reptiles, les corps des cellules psychiques arrivent en quelques points presque au contact, tandis que chez l'homme ils sont le plus éloignés les uns des autres.

VII. — Cette doctrine des rapports existant entre la supériorité fonctionnelle d'une cellule nerveuse et le nombre de ses prolongements peut sans doute servir à expliquer deux points fort difficiles dans l'hypothèse, généralement admise, que l'intelligence est en rapport avec le nombre des cellules du cerveau, et que ces cellules représentent soit un simple instrument de l'âme, soit la cause exclusive des actes psychiques. Ces deux points sont : 1° l'accroissement intellectuel considérable des hommes qui se livrent sans relâche aux travaux de l'esprit ; 2° l'existence de cerveaux de volume moyen ou inférieur chez des hommes d'un réel talent, voire chez des hommes de génie.

Quant au premier point, il faut admettre que l'exercice du cerveau, quoique incapable de produire de nouvelles cellules (car les cellules nerveuses ne se multiplient pas comme les cellules musculaires), peut favoriser d'une manière extraordinaire le développement des prolongements protoplasmiques et des collatérales nerveuses, et créer ainsi des connexions intracorticales nouvelles et plus étendues. Si le volume du cerveau demeure le même, c'est, pourrait-on dire, qu'il y avait ou diminution corrélative du corps des cellules nerveuses ou réduction du tissu de soutien.

Pour le second point, rien n'empêche de supposer que, dans certains cerveaux, par l'effet d'une adaptation héréditaire ou autrement, le nombre relativement petit des cellules nerveuses est compensé par un développement considérable des prolongements de toutes sortes et des collatérales. Ces considérations s'appuient sur une hypothèse naturelle. On doit admettre, en outre, que, pendant le stade d'activité, chaque élément psychique se trouve dans un certain état physique (vibratoire) ou chimique, encore indéterminé, et qu'il reflète ou reproduit ainsi en quelque sorte une image de chacune des impressions reçues soit du monde extérieur, soit des organes de notre corps (sens musculaire, etc.), image conservée dans cet élément. Quelle que puisse être la nature de cette activité supérieure qui associe, juge, compare, etc., il est clair au moins que la voie que doivent suivre ses processus ne peut être que celle des prolongements cellulaires, soit nerveux, soit protoplasmiques, et que l'ampleur et l'étendue de nos jugements croîtront comme la matière de nos expériences et de nos représentations, et le nombre des connexions réalisées entre celles-ci par le substratum cellulaire du cerveau. Toutes ces considérations ont trait, non à la nature ou à l'essence des actes psychiques, mais à leurs conditions.

Deux opinions, dit Nissl, existent sur les variétés locales de structure de l'écorce cérébrale. Tout en reconnaissant certaines déviations locales du type commun, Kölliker, et cela résulte de sa négation de toute fonction spécifique des cellules nerveuses, ne tient pas ces variétés pour des différences de structure essentielles, capables de modifier localement le caractère de l'écorce à cet égard. Flechsig au contraire distingue des centres intellectuels (*Denkcentren*) d'une certaine unité de structure uniforme et des centres de sensibilité (*Sinnescentren*) de structure spécifique. Quoique Nissl ne puisse suivre Flechsig dans les considérations qu'il invoque touchant l'anatomie fine de l'écorce, il admet pourtant « l'existence de diversités locales de structure de l'écorce cérébrale (1) ».

L'écorce est un complexus d'organes anatomiquement hétérogènes (*ein Complex von anatomisch verschiedenartigen Organtheilen*) ; elle est formée de couches de nature également hétérogènes. Les différentes couches sont constituées pour une certaine part de cellules de même sorte, mais à son tour chaque couche est un complexus formé de cellules de structure différente. Le caractère structural de chaque couche de l'écorce est déterminé par les cellules nerveuses dont cette couche est constituée.

On doit distinguer : 1° des variétés *essentiellement* locales de structure, c'est-à-dire où le type de structure d'un territoire cortical est devenu différent, et où se montrent par conséquent des cellules nerveuses d'autre espèce, et 2° des variétés locales *non essentielles*, c'est-à-dire où le type de structure d'un territoire cortical ne s'est pas modifié, et où, par conséquent, n'existent pas de cellules nerveuses d'une autre espèce. En outre,

(1) Nissl (Heidelberg). *Ueber die örtlichen Verschiedenheiten der Hirnrinde*. Congr. f. innere Medicin vom 9. — 12 Juni 1897 zu Berlin. — Neurol. Centralbl., 1897, 620 22.

il conviendrait encore d'isoler ces variétés locales de structure où le complexus *entier* des différentes couches d'un territoire est devenu autre, où, par conséquent, la coupe (le diamètre vertical) de l'écorce montre des changements de structure, et les variétés locales où *une* ou *plusieurs couches* seulement présentent des changements de structure. Comme exemples de variétés locales *non essentielles*, NISSL cite celles qui se montrent régulièrement entre le sommet et le fond, ou vallée, des circonvolutions, supposé que des cellules d'autre espèce n'apparaissent pas au fond des sillons. Ces variétés de structure non essentielles ont trait au diamètre vertical, car la coupe entière d'une vallée de l'écorce est une partie toujours plus mince que celle du sommet : « l'étroitesse ordinaire de la vallée corticale me semble être la démonstration anatomique que la cause qui préside à la formation des circonvolutions représente une force agissant de l'extérieur sur l'écorce, car si cette cause était une force agissant de l'intérieur à l'extérieur, du dedans au dehors, l'écorce du sommet des circonvolutions devrait être au contraire plus étroite et plus resserrée que celle de la vallée. » Enfin, non seulement la forme, mais la disposition topographique des cellules diffèrent aussi dans les vallées ; et il en est de même pour ce qui concerne les faisceaux de fibres à myéline. Comme exemple de différences locales de structure *essentielles*, NISSL insiste entre autres sur le fait que dans la zone supérieure de la couche de fibres à myéline de la circonvolution centrale antérieure on rencontre de vraies cellules motrices, tandis que celles-ci font défaut dans la circonvolution centrale postérieure : il signale en outre le développement d'une couche *spéciale* de petites cellules dans cette dernière circonvolution. NISSL a présenté au Congrès une planche où sont schématiquement représentées les *différences locales de structure essentielles* qu'il connait actuellement dans l'écorce du cerveau humain. Voilà déjà un certain nombre d'années que NISSL a commencé l'étude systématique de l'écorce du cerveau. La voie où il s'est engagé est celle qu'avait suivie HAMMARBERG. Il insiste, comme l'avait fait FLECHSIG, comme le fait aujourd'hui CAJAL, pour que l'enquête histologique porte sur *toute* l'écorce cérébrale : c'est là une condition nécessaire, *sine qua non*, de l'intelligence véritable non seulement de la structure et de la texture de cet organe, mais de celle de ses fonctions.

La portée très élevée, aussi bien pour la physiologie et la psychologie que pour l'anatomie générale, des expériences instituées à l'effet de connaître l'action élective des différents poisons sur les diverses espèces de cellules nerveuses, a été fort bien indiquée par NISSL. La connaissance des altérations de structure et de composition élémentaire des neurones, quoique constituant un ordre de sciences spécial, n'est qu'un moyen pour atteindre une fin plus haute, d'un degré de généralité plus étendue. Les expériences de NISSL ont porté sur les grandes cellules motrices des cornes antérieures chez le lapin après intoxication de l'animal par la strychnine, l'arsenic, l'alcool, le phosphore, etc., sur les mêmes cellules et sur celles de PURKINJE chez le chien, sur les cellules des ganglions spinaux chez le lapin empoisonné par le plomb, sur les cellules du sympathique, sur les cellules de l'écorce cérébrale chez des animaux empoisonnés par l'alcool, la morphine, le plomb, sur les mêmes cellules de l'écorce, chez l'homme, dans un cas d'intoxication aiguë par le phosphore. NISSL montra ses préparations, exécutées d'après sa coloration, à l'exception d'une seule, exécutée d'après le procédé de coloration de BECKER pour mettre en relief les fibrilles nerveuses des cellules, au Congrès des médecins aliénistes allemands réunis à Heidelberg en 1896 (1). La méthode de CAJAL, si précieuse par ailleurs, ne convient pas ici.

---

(1) NISSL (Heidelberg). *Ueber die Veränderungen der Nervenzellen nach experimentell erzeugter Vergiftung*. Neurol. Centralbl., 1896, 947.

Nissl a insisté sur la possibilité d'analyser les altérations subies par les cellules nerveuses sous l'influence des diverses substances toxiques, et cela par la comparaison des cellules altérées avec les cellules saines. C'est là une préoccupation qui dès l'origine a dominé toutes les investigations de Nissl. Quoiqu'elle paraisse s'imposer d'elle-même, étant l'évidence même, elle a été trop souvent négligée. Nissl a fait connaître combien, sous l'action de *poisons différents*, les *mêmes cellules* présentent des *altérations différentes*, et combien le *même poison* affecte *diversement* les différentes espèces de cellules. Nissl a surtout attiré l'attention sur les symptômes les plus graves de la vie cellulaire ainsi modifiée : l'altération du *noyau* et la destruction des *fibrilles* du corps cellulaire. La possibilité de *restitutio ad integrum* des cellules malades dépend de la gravité des lésions du noyau. Ce n'est que lorsque les altérations de cet organe de la cellule sont trop graves que la mort du neurone est fatale (*nicht mehr restitutionsfähig*). Avec la coloration de Becker, Nissl s'évertua à montrer les mêmes symptômes de dégénération profonde et irréparable de la *substance* dite *achromatique* ou *fibrillaire* du neurone, symptôme capital pour l'étude de la paralysie générale. Nissl à ce sujet insista sur le trajet de ces fibrilles. Enfin, il reconnut que, pour la caractéristique des différentes espèces de cellules nerveuses, la disposition des éléments de la substance chromatique dans le cytoplasma ne saurait suffire à la connaissance de la diversité de structure de ces cellules.

Or il y a des *espèces* différentes de cellules nerveuses. L'anatomie établit que, dans toute la série des vertébrés, il existe un rapport constant, régulier, entre la répartition de ces différentes espèces de cellules dans le névraxe, partant, entre les diverses espèces de neurones et la diversité fonctionnelle des centres nerveux en général. Toutefois, la plupart des centres nerveux présentent à cet égard une structure hétérogène, c'est-à-dire qu'ils sont composés de cellules nerveuses de structure diverse, et partant d'espèces différentes. L'importance de cette disposition anatomique croît certainement avec le degré de complexité fonctionnelle du centre nerveux. Elle est à son maximum dans l'écorce cérébrale, dont les différents centres constituants sont des complexus de cellules de structure différente. Ce fait élémentaire, comme Nissl l'appelle, a été généralement méconnu. Les plus célèbres histologistes contemporains sont loin d'avoir même souvent entrevu, je ne dis pas la nature, mais la réalité même de cette hétérogénéité histologique de l'écorce du cerveau. Les critiques que Flechsig adresse à Kölliker (1) touchant ce point de fait, nous les avions faites à Golgi (2). En démontrant que les différents poisons déterminent des altérations, également différentes, dans les cellules nerveuses, et qu'un même poison produit des effets différents sur les diverses espèces de cellules nerveuses, Nissl a fait connaître comment, de par l'anatomie normale et pathologique de la cellule, on possède un moyen « d'analyser *cliniquement* et *psychologiquement* l'effet des poisons ». L'anatomie seule avait suffi à nous révéler les fonctions des différentes espèces de cellules dans les centres relativement simples. En associant l'*analyse clinique* à l'*analyse anatomique*, on peut, de l'action élective connue, constante, de certains poisons pour certaines formes de cellules, déduire la nature et le rôle fonctionnel des différentes espèces de neurones. On peut, en outre, localiser ainsi la fonction du point

---

(1) Paul Flechsig. *Die Localisation der geistigen Vorgänge...* Leipz., 1896, p. 80 sq. — Kölliker a critiqué l'expression de *centres d'association* comme centres intellectuels parce que, dit-il, « on ne peut admettre de différences essentielles entre les cellules pyramidales des différentes régions du cerveau ».

(2) Jules Soury, *Les fonctions du cerveau*. Paris, 1891, 307-308.

ou de la région du névraxe où siègent ces éléments anatomiques. La physiologie du système nerveux a donc reçu de l'histopathologie un de ses plus puissants instruments d'analyse.

Deux théories contraires dominent donc les conceptions actuelles de la structure et des fonctions de l'écorce du télencéphale : celle des *unicistes* qui, avec MEYNERT et KÖLLIKER, croient à l'unité structurale et fonctionnelle de la cellule nerveuse et expliquent par les connexions périphériques la diversité des propriétés des diverses aires de l'écorce cérébrale ; celle des *particularistes* qui, à l'instar de MUNK, de FLECHSIG, de NISSL, sans méconnaître l'importance des connexions périphériques, c'est-à-dire de la structure des appareils périphériques des sens, fait d'organisation et d'évolution phylogénique d'où résulte tout ce qu'il y a de vrai dans la doctrine de la spécificité des sensations, considèrent comme histologiquement fondée l'hétérogénéité fonctionnelle de chaque territoire sensitif et sensoriel du cortex. C'est afin de pouvoir prendre position à son tour dans ce débat, en toute connaissance de cause, que RAMON Y CAJAL vient d'inaugurer une série d'études sur la structure comparée des diverses régions de l'écorce du cerveau humain. L'examen histologique de cerveaux d'enfants de 15, 20 et 30 jours, par les méthodes de NISSL, WEIGERT et GOLGI, lui a déjà révélé « quelques détails nouveaux » qu'il a fait connaître dans une première *Note* sur les caractères morphologiques et fonctionnels des éléments constituant les couches de l'écorce du *cuneus* et de la scissure calcarine (1). Ce n'est qu'après avoir étudié ainsi toutes les provinces de l'écorce que CAJAL « formulera son jugement sur la question ». En attendant, ce n'est pas en vain, on le conçoit, que l'œil d'un CAJAL a contemplé à son tour ces régions qu'avaient décrites à leur point de vue, avec les secours de la technique du temps, VICQ-D'AZYR, GENNARI, BAILLARGER, MEYNERT. Point de doute que l'écorce de la scissure calcarine ne se distingue des autres territoires corticaux par des caractères morphologiques tout à fait particuliers (MEYNERT, LEWIS, HAMMARBERG, BOTAZZI, etc.). Tandis que, des 8 couches stratifiées de cette écorce, les 3 premières, la *couche moléculaire*, ou couche des panaches des pyramides, la *couche des petites pyramides* et la *couche des pyramides moyennes* n'offrent rien de spécial, la 4e couche, celle des *cellules étoilées* ou *strie de* GENNARI, caractérise éminemment au contraire la « rétine corticale », comme nous l'avons souvent appelée après HENSCHEN. Là, dans ce complexus de fibres

(1) S. RAMON Y CAJAL. *Apuntes para el estudio estructural de la corteza visual del cerebro humano* (con 5 fotogr.). Rev. Ibero-Americana de cienc. med., marzo 1899. Madrid, 1899.

myéliniques, où tant de prolongements nerveux sont mêlés, Cajal a distingué : 1° des cellules nerveuses étoilées autochthones ; 2° des ramifications de fibres nerveuses de fort calibre montant de la substance blanche ; 3° des ramifications d'axones ascendants de cellules des couches inférieures (zone des grains, zone des pyramides géantes, zone des corpuscules polymorphes) ; 4° des ramifications collatérales d'axones de cellules des zones supérieures (couches des pyramides petites et moyennes). Des éléments spéciaux de forme variée, mitrale, semi-lunaire, etc., mais surtout étoilée, constituent donc en fort grand nombre cette quatrième couche, cellules dont les dendrites se ramifient exclusivement dans ce plexus nerveux. L'observation toujours plus approfondie de cette zone a déjà permis à Cajal de la subdiviser en deux (couches de grandes et de petites cellules étoilées) et d'y décrire : 1° des cellules étoilées géantes ; 2° des cellules étoilées moyennes, à longs et forts axones descendants, à épaisses collatérales ascendantes et à collatérales destinées aux couches inférieures; 3° des cellules petites à courts dendrites variqueux, à axone court, descendant, ascendant ou horizontal, et s'épuisant dans l'épaisseur même de la strie. De pyramides proprement dites, Cajal n'en a jamais aperçu en cette région.

Une autre particularité qui distingue l'écorce visuelle des autres aires corticales, même de l'aire sensitivo-motrice, où elles sont pourtant fort nombreuses, c'est le nombre des fibres ascendantes de fort calibre qui montent de la substance blanche pour se ramifier horizontalement dans la 4e couche. Comme ces fibres conservent leur gaine de myéline jusqu'à leurs ramifications primaires et secondaires, elles contribuent surtout à donner au ruban de Vicq-d'Azyr sa coloration blanche. Les fibrilles de ces axones ne laissent pas de contracter des rapports de contiguïté en nombre infini avec les corps et les dendrites des cellules indigènes de cette zone, c'est-à-dire de la couche des cellules étoilées, comme elles ont fait d'ailleurs pour les tiges des pyramides et des cellules des couches inférieures. Souvent, ces longues fibres myéliniques croisent verticalement la strie de Gennari et vont au delà, jusque dans la couche des pyramides moyennes (3e couche), puis se recourbent brusquement en bas ou s'infléchissent sur de grands espaces pour se résoudre finalement dans la couche des cellules étoilées en collatérales et en prolongements axiles terminaux. L'aire de distribution de ces fibres est énorme; leurs ramifications ultimes entrent certainement en contact avec des centaines de cellules nerveuses de la zone des cellules étoilées et avec un nombre considérable de grandes, de petites et de moyennes pyramides.

A quelle espèce de cellules appartiennent ces fibres nerveuses ? Sont-ce des fibres optiques venues des centres optiques primaires, des fibres

de projection, ou des fibres d'association intercorticales ? Il s'agit bien, selon CAJAL, de fibres optiques ; voici les raisons sur lesquelles repose cette présomption :

« 1° Les fibres d'association, et, *a fortiori*, les fibres calleuses, sont beaucoup plus délicates que ces fibres afférentes de la région visuelle. Il n'y a pas jusqu'aux axones des pyramides géantes de l'écorce qui ne soient moins épaisses que la plupart des fibres considérées.

« 2° Les fibres blanches afférentes découvertes par nous en d'autres territoires de l'écorce du cerveau (les *fibres de* CAJAL, comme les appelle KÖLLIKER) ne manquent jamais dans l'écorce des régions de la sensibilité générale ou spéciale (écorce sensitivo-motrice, écorce acoustique, écorce visuelle, etc.) ; elles semblent au contraire faire défaut dans les aires corticales d'association.

« 3° La physiologie et l'anatomie s'accordent pour établir que la région visuelle doit recevoir un courant considérable de fibres optiques ; il est donc naturel de considérer comme appartenant à des faisceaux de cette nature les innombrables fibres myéliniques qui se distribuent dans la zone des cellules étoilées, dès qu'on admet que les puissants plexus nerveux que ces fibres contribuent à former constituent en quelque sorte le facteur spécifique de la sphère visuelle. »

Enfin, de la couche sous-jacente, 5e couche de cette aire corticale, couche des petites cellules sphéroïdales (*couche des grains*), ou *couche des petites cellules à axone ascendant*, comme la dénomme CAJAL, ainsi que de la 7e *couche des cellules polymorphes*, montent d'innombrables axones qui, après avoir émis des collatérales dans les couches inférieures, se ramifient dans le plexus optique, ou strie de GENNARI, entre les cellules étoilées de la 4e zone. Ajoutez qu'en traversant cette région, les axones ascendants destinés à la couche moléculaire y abandonnent des collatérales, en même temps que nombre d'autres prolongements axiles de neurones des diverses couches stratifiées, et que, à travers cette strie, passent les tiges des pyramides géantes de la 6e couche et celles des corpuscules polymorphes, les dendrites ascendants des grains et les fascicules d'axones descendant des petites et moyennes pyramides des 2e et 3e couches.

Les cellules de la couche des grains (5e couche), ou *couche des petites cellules à axones ascendants*, sont des cellules petites, à dendrites descendants ou latéraux courts, dont un ou plusieurs prolongements montent dans la zone des cellules étoilées, à cylindraxe ascendant, émanant le plus souvent de l'extrémité inférieure du corps cellulaire et finissant par pénétrer dans la strie de GENNARI où il s'arborise.

La *couche des cellules pyramidales géantes*, ou 6e zone, est formée d'une

ou deux rangées de puissants neurones dont l'énorme développement des dendrites basilaires frappe l'observateur ; l'axone descend dans la substance blanche après avoir envoyé deux ou trois collatérales dans la couche des cellules polymorphes.

La *couche des cellules polymorphes*, ou 7e zone, renferme quatre espèces d'éléments nerveux : 1° les plus nombreux sont des cellules fusiformes, ovoïdes, triangulaires, dont l'axone se recourbe en arc au-dessous des corps cellulaires avant de monter dans la zone des cellules étoilées et de s'y ramifier et envoie quelquefois un fin prolongement axile jusqu'à la substance blanche. Des collatérales sortent aussi de cet axone au cours de son trajet dans la couche des grains, destinées aux couches inférieures. La tige protoplasmique s'épuise dans la zone des cellules étoilées ; 2° cellules fusiformes ou triangulaires, souvent de taille gigantesque, dont l'axe traverse toute l'écorce et monte jusque dans la couche moléculaire, non sans abandonner des collatérales destinées au plexus de la zone de Gennari et à d'autres zones ; 3° cellules du deuxième type de Golgi, à cylindraxe court, s'arborisant dans cette même zone des cellules polymorphes ; 4° cellules triangulaires ou fusiformes, radialement orientées, dont l'axone pénètre dans la substance blanche ; ces derniers axones sont fort rares et gisent souvent en pleine substance blanche (8e couche). Dans le travail *in extenso* qu'il prépare, l'éminent histologiste espagnol divise ainsi en deux la couche des cellules polymorphes : 1° couche des grandes cellules à axones ascendants ; 2° couche des cellules polymorphes proprement dites ou couche des éléments fusiformes de Meynert ; la plupart des axones de ces derniers neurones descendent jusque dans la substance blanche.

Il semble bien résulter de cette première étude de morphologie comparée des éléments nerveux constituant les diverses couches stratifiées d'une aire fonctionnelle de l'écorce cérébrale, de l'aire de la « rétine corticale », qu'il existe des types cellulaires définis, à fonction également distincte et déterminée.

Cajal décrit encore deux types cellulaires nouveaux qu'il a découverts dans différentes régions de l'écorce.

Les cellules du premier type se rencontrent peut-être dans toutes les zones stratifiées des circonvolutions, quoique jusqu'ici Cajal ne les ait vues que dans celles des pyramides moyennes de l'aire corticale visuelle, dans l'aire motrice et dans l'aire acoustique, où ces neurones sont surtout fort nombreux. Du corps cellulaire, allongé, sortent deux panaches dendritiques fort longs, l'un ascendant, l'autre descendant ; les branches de celui-ci peuvent descendre jusque dans la zone des cellules polymorphes. L'axone, d'une finesse extrême, issu de la partie supérieure ou inférieure

du cytoplasma, se décompose rapidement en une infinité de filaments verticaux fasciculés, ascendants et descendants, si longs qu'ils traversent presque toute l'épaisseur de la substance grise. CAJAL a vu ces véritables faisceaux de filaments axiles s'appliquer aux tiges protoplasmiques et aux corps cellulaires des cellules pyramidales disposées en séries verticales: il estime donc vraisemblable que ces nouveaux éléments nerveux, d'une morphologie si curieuse, appartiennent à la catégorie des neurones d'association, neurones à axones courts dont l'office est d'associer dans le sens vertical les pyramides situées dans des zones distinctes d'un territoire cortical.

Les cellules du second type sont les éléments dont le volume est presque aussi considérable que celui des grandes pyramides. Du corps cellulaire, de forme étoilée ou triangulaire, sortent trois ou un plus grand nombre de branches dendritiques horizontales, fort étendues, d'où partent des rameaux ascendants qui se divisent et se subdivisent sur de grands espaces dans l'écorce ; point d'épines sur ces rameaux dont les expansions ultimes sont très variqueuses. L'axone, puissant, à direction oblique ou horizontale, émet sur son trajet une multitude de collatérales. La terminaison de l'axone de ces neurones n'étant pas encore connue, on ne saurait porter un jugement définitif sur leur nature. Cependant l'orientation de ce prolongement, ainsi que d'autres raisons, rendent probable qu'ils représentent « une variété spéciale d'éléments d'association intra-corticaux, éléments destinés à établir, à de grandes distances, des connexions entre des groupes de pyramides très écartés », quoique appartenant à un même territoire cortical. Bref, *ces éléments seraient, dans l'épaisseur de l'écorce, ce que sont, dans la couche moléculaire, les cellules de* CAJAL *et de* RETZIUS.

Les fibres myéliniques à fort calibre dont CAJAL a suivi les ramifications dans la 4e zone de l'écorce de l'aire visuelle lui ont rappelé celles qu'il a vues se distribuer dans l'aire sensitivo-motrice et qui proviennent sans doute de la voie sensitive centrale. Or là aussi ces fibres se terminent électivement dans une couche de l'écorce grise où abondent, quoiqu'en moins grand nombre, des cellules étoilées spéciales. « Si, conclut CAJAL, ces faits se confirmaient pour toutes les sphères corticales de la sensibilité — les zones d'association de FLECHSIG demeurant en dehors — il serait légitime de considérer cette couche comme le facteur anatomique spécifique de l'écorce sensitivo-sensorielle, et, partant, comme le lieu d'élection où l'image du monde extérieur, recueillie par les sens, est projetée et transformée en sensation ».

Dans un travail plein de suggestions, intitulé : *Algunas conjeturas sobre el mecanismo anatomico de la ideación, asociación, y atención* (1895), RAMON

y Cajal a traité les trois questions suivantes, d'une importance capitale en tout cas pour l'étude des fonctions du cerveau :

I. — Une ou plusieurs cellules nerveuses servent-elles de substratum à chaque perception ?

II. — Hypothèse sur le mécanisme histologique de l'association, du sommeil et de l'état de veille.

III. — Théorie de l'attention.

I. — Entre les organes des sens et les centres nerveux, il existe une chaîne déterminée de conducteurs ou de neurones où l'*impression* reçue à la périphérie, par une cellule d'un organe des sens, se propage en *avalanche*, c'est-à-dire par l'intermédiaire d'un nombre croissant de cellules nerveuses, jusqu'au cerveau. Il existe donc des chaînes de neurones visuels, auditifs, sensitifs, etc., s'étendant en quelque sorte des surfaces sensibles de l'organisme aux centres nerveux. Cette loi, entrevue par Golgi, n'a été démontrée que depuis qu'on connaît les véritables terminaisons nerveuses des neurones afférents dans l'axe cérébro-spinal. Cajal appelle *unité d'impression* le mouvement simple reçu, suivant la nature de l'impression, par un cône ou par un bâtonnet rétinien, par une cellule ciliée du limaçon, etc. Mais l'unité d'impression, reçue par un seul cône, peut affecter des centaines et peut-être des milliers de cellules nerveuses d'un centre de l'écorce cérébrale, et cela grâce à cette *avalanche de conduction* dont la structure anatomique des appareils périphériques et centraux de la vision, de l'audition, de l'olfaction, de la sensibilité générale, etc., réalise les conditions nécessaires et suffisantes.

Nous avons insisté sur les parcours et les relais de ces routes nerveuses qui vont de la périphérie aux centres, des centres à la périphérie. Il faut seulement ajouter ici que, dans la théorie de Cajal, chaque *image rétinienne*, par exemple, se compose d'autant d'*unités d'impression* qu'il y a eu de cellules nerveuses simultanément excitées. Mais, quel que soit le nombre d'éléments des sens directement impressionnés, l'excitation qui en part et qui se propage jusqu'au cerveau finit par déterminer des connexions ou associations par contiguïté entre un nombre extraordinairement grand de cellules pyramidales de l'écorce. Ces cellules forment un *groupe physiologique* qui correspond à une sensation, à une perception déterminée ; la perception y est comme conservée à l'état latent, et la « pléiade de pyramides corticales » qui est intervenue dans la perception d'un son ou d'une image visuelle, sera la même qui, « sous la sollicitation de la volonté, élaborera le souvenir de ces sensations ». Le phénomène de l'avalanche implique que chaque cellule d'un organe des sens prend part,

du cytoplasma, se décompose rapidement en une infinité de filamen verticaux fasciculés, ascendants et descendants, si longs qu'ils traversei presque toute l'épaisseur de la substance grise. CAJAL a vu ces véritabl faisceaux de filaments axiles s'appliquer aux tiges protoplasmiques et au corps cellulaires des cellules pyramidales disposées en séries verticales il estime donc vraisemblable que ces nouveaux éléments nerveux, d'un morphologie si curieuse, appartiennent à la catégorie des neurones d'as sociation, neurones à axones courts dont l'office est d'associer dans le sen vertical les pyramides situées dans des zones distinctes d'un territoi cortical.

Les cellules du second type sont les éléments dont le volume e presque aussi considérable que celui des grandes pyramides. Du cor cellulaire, de forme étoilée ou triangulaire, sortent trois ou un plus gra nombre de branches dendritiques horizontales, fort étendues, d'où parte des rameaux ascendants qui se divisent et se subdivisent sur de gran espaces dans l'écorce ; point d'épines sur ces rameaux dont les expansio ultimes sont très variqueuses. L'axone, puissant, à direction oblique horizontale, émet sur son trajet une multitude de collatérales. La term naison de l'axone de ces neurones n'étant pas encore connue, on saurait porter un jugement définitif sur leur nature. Cependant l'orie tation de ce prolongement, ainsi que d'autres raisons, rendent probal qu'ils représentent « une variété spéciale d'éléments d'association int corticaux, éléments destinés à établir, à de grandes distances, des co nexions entre des groupes de pyramides très écartés », quoique app tenant à un même territoire cortical. Bref, *ces éléments seraient, de l'épaisseur de l'écorce, ce que sont, dans la couche moléculaire, les cellules* CAJAL *et de* RETZIUS.

Les fibres myéliniques à fort calibre dont CAJAL a suivi les ramificatio dans la 4ᵉ zone de l'écorce de l'aire visuelle lui ont rappelé celles qu'i vues se distribuer dans l'aire sensitivo-motrice et qui proviennent sa doute de la voie sensitive centrale. Or là aussi ces fibres se termin électivement dans une couche de l'écorce grise où abondent, quoiqu moins grand nombre, des cellules étoilées spéciales. « Si, conclut CAJ ces faits se confirmaient pour toutes les sphères corticales de la sen bilité — les zones d'association de FLECHSIG demeurant en dehors — serait légitime de considérer cette couche comme le facteur anatomiq spécifique de l'écorce sensitivo-sensorielle, et, partant, comme le li d'élection où l'image du monde extérieur, recueillie par les sens, projetée et transformée en sensation ».

Dans un travail plein de suggestions, intitulé : *Algunas conjeturas el mecanismo anatomico de la ideación, asociación, y atención* (1895),

avec chaque groupe correspondant, subordonné, de cellules pyramidales, à la production des images mentales. Au point de vue anatomique et physiologique, une perception sensible se distingue d'une autre de même nature, c'est-à-dire appartenant au même ordre de sensibilité, par le nombre et la situation respective des groupes de pyramides corticales mises en vibration.

Il suit que les centres sensoriels de l'écorce du cerveau représentent bien une véritable *projection* des surfaces sensibles des organes des sens : il y existe bien une rétine centrale, un organe de Corti central, etc. Toutefois, dans l'écorce cérébrale, chaque cellule d'un organe périphérique des sens est représenté, non par une pyramide, mais par un groupe de cellules pyramidales. Chaque *groupe* de cellules pyramidales, relié anatomiquement avec une cellule sensorielle d'un organe des sens, conserve, à l'*état latent,* les diverses images, ou mieux les *unités d'impression* que cette cellule lui communique à certains moments. Dans chaque perception les groupes de pyramides sont actifs. Le *souvenir,* répétition, dans les mêmes conditions, de la même perception, résulte de ce que, dans le même groupe de pyramides, s'accumulent les efforts successifs de l'attention pour évoquer l'image latente. L'on ne se rappelle pas ou l'on se rappelle mal un objet qui n'a été vu qu'une seule fois, ou en dehors des conditions de la perception distincte. L'*analogie* que nous établissons entre deux représentations peut dépendre du nombre de groupes de pyramides qui interviennent en commun dans la production de ce phénomène psychologique. La *dissemblance* dépendrait du petit nombre de groupes de cellules pyramidales communs à deux représentations successives. L'*opposition,* enfin, résulterait de l'absence complète de coïncidence des groupes pyramidaux actifs dans la perception. Cajal ne croit pas possible de pousser plus avant l'analyse du mécanisme du travail cérébral, ignorants que nous sommes de ce qu'est « le mouvement psychique et sous quelle forme demeure latente la perception directe pour se convertir en souvenir ». Non moins obscur, inabordable, tout ce qui a trait au processus histologique de l'association. Les associations de *lieu,* de *temps,* par *contraste, analogie,* etc., correspondant à un même ordre de sensations, ont pour substratum les connexions établies entre les collatérales nerveuses et les expansions protoplasmiques des cellules résidant dans le même centre cérébral; peut-être les cellules à cylindraxe ascendant de Martinotti et les cellules pluripolaires de la première couche corticale y jouent-elles un rôle important. Les associations entre images d'ordre sensoriel distinct (perception gustative évoquée par une image visuelle, souvenir acoustique réveillant des formes et des couleurs, etc.) auraient pour substratum

de conduction les *cellules d'association* et celles des *fibres calleuses* des hémisphères cérébraux : grâce à ces cellules, les groupes des pyramides des centres visuels, par exemple, réagiraient sur les centres corticaux de l'audition, du goût, de l'olfaction, du tact, etc., établissant un vaste système de connexions intercorticales, si bien qu'il suffirait d'une première perception pour que tout le registre compliqué des souvenirs sensoriels fût parcouru.

II. — Tout semble indiquer que l' « architecture » des centres sensoriels du cerveau, de même que celle des voies d'association, n'est pas absolument fixe ; qu'il existe peut-être un facteur histologique variable, auquel on doive rapporter les changements infinis du travail mental. Cajal n'ignore pas les hypothèses suivantes, invoquées quelquefois pour expliquer ces changements : inhibitions de certaines zones cérébrales ; interférences des courants nerveux ; augmentation de la résistance des conducteurs due à des modifications de la composition chimique des fibres nerveuses ; troubles physico-chimiques sans altération anatomique ou histologique de la trame cérébrale. Mais ces hypothèses ne reposent, suivant Cajal, sur aucun fondement. Il en est de même de l'hypothèse histologique de Mathias Duval, dont Kölliker a également montré les difficultés : on ne peut constater le moindre mouvement amiboïde dans les fibres nerveuses et les arborisations terminales observées durant la vie (plaques motrices, ramifications des fibres sensitives, etc.). Quant à Cajal, il produit les faits suivants, qu'il a directement observés, et qu'il oppose à l'hypothèse de Mathias Duval.

1° Les arborisations et expansions, tant nerveuses que protoplasmiques, du cervelet, du bulbe olfactif, des ganglions acoustiques centraux, du lobe optique, etc., présentent constamment la même extension, la même forme, le même degré de rapprochement entre les corps cellulaires, quel que soit le genre de mort de l'animal (chloroforme, hémorrhagie, empoisonnement par le curare, la strychnine) ; 2° les arborisations nerveuses terminales de la rétine et du lobe optique, chez les reptiles et les batraciens, offrent toujours le même aspect, que les organes soient plongés dans l'état de repos au moment de la mort (animaux sacrifiés après un long séjour dans l'obscurité) ou qu'ils soient excités (animaux exposés plusieurs heures au soleil).

Il résulte toutefois des observations de Ramon y Cajal, observations entreprises pour surprendre l'existence de variations morphologiques corrélatives à l'état de repos ou d'activité des cellules nerveuses, que, pendant l'activité psychique, les formes des cellules de la névroglie de la substance grise du cerveau se modifient : tantôt rétractées, pourvues de courts et épais prolongements, tantôt émettant de larges expansions

hérissées de nombreuses ramifications secondaires et tertiaires, elles présentent dans l'intervalle de ces états toutes les transitions possibles. Ces formes, qui ne sont que des phases diverses d'un processus physiologique différent, ont été vues sans doute par Retzius, Andriezen et par d'autres, mais elles ont été considérées à tort comme des formes fixes, comme des variétés morphologiques des cellules typiques de Deiters. Selon Cajal on doit distinguer la névroglie de la substance blanche de la névroglie de la substance grise. Quant aux théories d'après lesquelles les cellules de Deiters serviraient d'intermédiaire à la nutrition ou constitueraient un tissu de soutènement du système nerveux, il faut les abandonner. Si le plasma sanguin destiné à la nutrition des cellules nerveuses passait par les cellules de la névroglie avant de parvenir aux cellules nerveuses, elles commenceraient par en absorber une grande partie. En outre, les cellules de la névroglie n'existent que dans certains territoires de l'écorce cérébrale, et elles sont précisément en plus grand nombre là où les cellules nerveuses abondent le moins. Des cellules aussi petites, isolées, délicates, que celles de la névroglie ne sauraient non plus servir de soutien (*sustentaculo*) aux cellules nerveuses. Pourquoi ces dernières manqueraient-elles même parfois de ce prétendu mode de soutien, alors que les cellules de la névroglie sont accumulées en très grand nombre dans la substance blanche des centres nerveux, laquelle a moins besoin que la grise de soutènement ?

Voici, dans leur rapport avec l'activité des fonctions supérieures du cerveau, les diverses classes de cellules de la névroglie distinguées par Ramon y Cajal.

1° *Cellules de névroglie de la substance blanche.* — Elles sont fixes, volumineuses, pourvues de prolongements rigides, lisses, à contours nets. Leur fonction paraît être d'interposer entre les fibres nerveuses une substance mauvaise conductrice des courants qui circulent dans ces fibres, et non d'assurer des espaces ou interstices par lesquels se répandrait la lymphe.

2° *Cellules de névroglie péri-vasculaires.* — Bien décrites par Golgi, elles se trouvent seulement à proximité des capillaires de la substance grise, auxquels elles envoient un ou plusieurs prolongements épais (pseudopodes) qui s'insèrent à la face externe de l'endothélium. Chaque capillaire donne insertion à des milliers de pareils pseudopodes qui divergent en tous sens. La fonction de ces cellules est de susciter, par la contraction de ces prolongements, des dilatations locales des vaisseaux et de déterminer secondairement des hyperhémies physiologiques liées à la plus ou moins grande intensité des processus psychiques.

3° *Cellules de névroglie de la substance grise.* — Connues surtout depuis

les travaux de Retzius (1) et de W. Lloyd Andriezen (2), tantôt étoilées, tantôt allongées en queue de comètes, leurs prolongements sont hérissés d'un grand nombre de courtes collatérales pennées. Ce sont ces cellules qui ont apparu à Ramon y Cajal sous deux formes correspondant à des phases d'activité différentes.

a) *Stade de contraction,* dans lequel le corps protoplasmique de la cellule grossit tandis que ses prolongements diminuent en longueur et perdent leurs ramifications secondaires. Sous cet aspect, elles ressemblent aux cellules pigmentaires et chromatophores de la peau de certains animaux : ces cellules, contractiles, étendent leurs expansions dans l'état de repos, les rétractent dans l'état contraire. Ces cellules de la névroglie abondent surtout là où se rencontrent les courants nerveux, par exemple dans la couche moléculaire de l'écorce cérébrale, où les panaches périphériques des cellules pyramidales entrent en contact avec une infinité de ramilles nerveuses terminales. En rétractant le protoplasma de leurs appendices secondaires, ces pseudopodes permettent l'établissement de contacts entre les cellules et les arborisations nerveuses auparavant séparées. En vertu de ce mécanisme, le cerveau passe de l'état de repos à l'état d'activité. Ces contractions pseudopodiques de la névroglie peuvent avoir lieu automatiquement ; d'ordinaire elles sont plus ou moins provoquées par le stimulus de la volonté (*voluntad*) qui, étendant ainsi ce stimulus à un groupe particulier de cellules de névroglie, *dirige* le processus de l'association dans des directions déterminées. La tournure insolite que prend parfois l'association, la fuite des idées et des paroles, la difficulté transitoire de s'exprimer, l'obsession d'un souvenir, l'exaltation de la pensée ou l'exagération de réactions motrices conscientes, etc., s'expliqueraient par cette hypothèse.

b) *État de relâchement (relajacion).* Les prolongements des cellules de la névroglie, qui, en réalité, représentent « une matière isolatrice des courants nerveux », pénètrent alors entre les arborescences nerveuses et les cellules nerveuses ou leurs expansions protoplasmiques, rendant très difficile ou suspendant le passage des courants nerveux : c'est la phase du repos mental et du sommeil, soit naturel, soit provoqué (narcotiques, hypnotisme). En somme la névroglie de la substance grise représenterait un *appareil isolateur (un aparato aislador)* et commutateur des courants nerveux, selon les phases d'activité ou de repos. Cajal fait remarquer que la *contraction*

---

(1) Retzius. *Die Neuroglia des Gehirns beim Menschen und beim Säugethieren.* Biolog. Untersuch. Neue Folge, VI, 1895.

(2) W. L. Andriezen. *On a system of fibre-cells surrounding the blood-vessels of the brain.* Brit. med. Journ., 1893.

de ces cellules de la névroglie ne coïncide pas avec le *repos* de l'intelligence, mais avec l'*activité* de l'écorce du cerveau, ce qui est le contraire de ce qui arriverait dans l'hypothèse de M. Duval (où il n'est pas d'ailleurs question des cellules de névroglie).

III. — Pour la théorie de l'attention, Cajal rappelle que, dès que cette fonction se concentre sur une idée ou sur un petit nombre d'idées associées, outre la contraction intense des cellules de la névroglie qui doit se produire dans le centre cortical correspondant, une congestion active des capillaires de ce même centre doit également favoriser l'énergie de l'onde nerveuse en portant au maximum les phénomènes corrélatifs de « chaleur » et d'échanges (métabolisme). On suppose quelquefois alors que la volonté exerce une action sur les nerfs vaso-dilatateurs des points de l'écorce hyperhémiés. Mais, objecte Cajal, le propre de l'attention étant de concentrer l'activité psychique sur un champ limité de représentations, l'excitation du grand sympathique serait ici peu efficace. En effet, les capillaires cérébraux manquent de nerfs et de fibres musculaires lisses, et les artères relativement grosses de la pie-mère, pourvues d'une tunique musculaire, ne peuvent provoquer, sous l'influence d'une excitation du grand sympathique, que des congestions étendues et mal limitées. La difficulté augmente si l'on prend garde que toute action vaso-motrice est involontaire et que le processus de l'attention est au contraire éminemment conscient et volontaire. D'après Cajal, sous l'influence de la volonté (*voluntad*), les pseudopodes des cellules péri-vasculaires de la névroglie, fixés sur les capillaires, se contracteraient : les capillaires, augmentés de diamètre, occuperaient ainsi presque tout l'espace lymphatique environnant. Ainsi pourraient se produire des hyperhémies de la substance grise aussi limitées et localisées que l'exige le « monoïdéisme » de l'attention. Il n'y a pas jusqu'aux espaces lymphatiques péri-vasculaires eux-mêmes qui ne paraissent de nature à favoriser ces hyperhémies physiologiques, en protégeant les cellules nerveuses voisines contre les pressions et les ébranlements que pourrait occasionner une turgescence vasculaire trop brusque. Ramon y Cajal ne donne ces hypothèses que pour ce qu'elles peuvent valoir (1) : elles reposent sur l'interprétation scientifique de faits d'observation et d'expérience.

---

(1) L'éminent histologiste espagnol a bien voulu nous écrire qu'« il n'attache point personnellement un grand intérêt à ces conjectures, condamnées par leur nature même à se transformer continuellement et à être remplacées par d'autres plus heureuses. L'hypothèse de M. Duval et la mienne, ajoute Cajal, ont un grand inconvénient : *elles reposent sur la supposition, et non sur la démonstration* de l'existence de contractions rapides s'effectuant dans les éléments de la substance grise » (19 mai 1899).

Cajal estime aujourd'hui, toujours dans le même ordre de conjectures, que ce n'est pas directement,

Ramon y Cajal, écrit Kölliker (1), estime que, pendant le travail intellectuel, la forme de quelques cellules de névroglie subit des modifications. Dans l'écorce grise d'un seul et même cerveau, ces cellules apparaissent tantôt contractées, avec de courts et épais prolongements, tantôt, au contraire, dilatées, rayonnant de longs prolongements ramifiés à l'infini, et entre ces deux états toutes les transitions s'observeraient. De là l'idée qu'il y a diverses espèces de cellules de névroglie : 1° celle des *cellules névrogliques de la substance blanche* ; 2° celle des *cellules névrogliques périvasculaires* ; 3° celle des *cellules névrogliques de la substance grise*. Les premières formeraient de simples voies d'isolement des courants nerveux. Les secondes enverraient à la face externe de l'endothélium des capillaires de la substance grise leurs prolongements, en manière de pseudopodes, et, par les insertions de ces prolongements détermineraient des dilatations de ces vaisseaux en se contractant, disposition qui favoriserait les congestions liées à l'intensité relative des processus psychiques. Les dernières enfin, celles de la substance grise, d'aspect caractéristique, surtout étoilé, posséderaient des prolongements extraordinairement nombreux émettant de courtes collatérales ramifiées, également sans nombre. Les prolongements névrogliques représenteraient en réalité une substance isolatrice des courants nerveux. Pendant l'état de repos, de sommeil naturel ou artificiel, ces prolongements s'étendent entre les prolongements *dendritiques* et *nerveux* des neurones, de sorte que le passage et la transmission des courants sont abolis ou très diminués. Du fait, au contraire, de la contraction active des cellules névrogliques et de la rétraction de leurs pseudopodes résulte le rétablissement des connexions entre les cellules nerveuses : de l'état de repos le cerveau passe à l'état d'activité. Quoique ces contractions des cellules de la névroglie puissent être automatiques, Cajal admet qu'elles sont souvent l'effet d'*excitations volontaires* : c'est bien la « volonté » qui, en agissant sur des groupes déterminés de cellules de la névroglie, aurait ainsi le pouvoir de diriger en différents sens les processus psychiques d'association. D'après cette hypothèse, les états de repos ou de contraction plus ou moins énergique des cellules névrogliques dans tel ou tel district de l'écorce cérébrale détermineraient la fuite des pensées et des mots, l'embarras de la parole, l'obsession des idées, l'oubli de certaines expressions ou associations mentales, l'augmentation d'intensité de l'activité psychique et de toute espèce de réaction motrice consciente, etc. Ainsi, la névroglie, dans l'état de repos, est pour Cajal un appareil d'isolement des courants nerveux, et, dans l'état de contraction active, un appareil réalisant les conditions contraires. Suivant l'hypothèse de M. Duval, l'hypothèse des mouvements amiboïdes des éléments nerveux, la contraction de ces éléments correspond au contraire, Kölliker en fait aussi la remarque, à l'état de repos des fonctions du cerveau, le retour de leur phase d'expansion, à l'état d'activité de l'écorce cérébrale.

Avant de présenter les objections qu'il élève contre l'hypothèse de Ramon y Cajal, Kölliker rappelle que Cajal a cru devoir tenir pour « volontaire » l'activité vaso-motrice qu'il attribue aux cellules de névroglie de sa deuxième catégorie. Il n'indique à cet effet l'action ni de nerfs ni de muscles vaso-moteurs, car les capillaires du cerveau en sont, selon

---

mais indirectement, que le courant nerveux réagirait sur la névroglie : « l'état fonctionnel dégagerait autour des neurones quelque substance excitatrice des contractions des prolongements névrogliques. »

(1) *Handbuch der Gewebelehre des Menschen*. 6te Aufl., 1896, II, 803 sq.

lui, dépourves : il n'explique les phénomènes vaso-moteurs servant au mécanisme des processus psychiques que par l'état variable du calibre des capillaires de l'écorce aux parois desquels sont fixés les pseudopodes des cellules de névroglie péri-vasculaires, cellules dont les prolongements seraient sous l'influence de la volonté.

1. Ramon y Cajal n'administre aucune preuve de l'existence de la *contractilité* qu'il attribue aux cellules de la névroglie de la substance grise. Ce qu'il dit des formes différentes qu'affectent les cellules névrogliques dans l'écorce cérébrale d'un même cerveau n'implique point de nécessité une telle hypothèse. Il est plus naturel d'admettre que ces cellules sont de formes variées et différentes, sans parler du fait que ces cellules se trouvent, comme les neurones, colorées à divers états de développement par la méthode de Golgi.

2. Cajal ne prouve pas davantage pourquoi les cellules névrogliques circumvasculaires seraient *contractiles*.

3. Enfin, alors que les cellules névrogliques de la substance grise et celles des vaisseaux seraient contractiles, et que les premières serviraient surtout d'appareil d'isolation, celles de la substance blanche exerceraient entre les fibres nerveuses la fonction de couche isolatrice, de corps mauvais-conducteurs. Mais, si certaines catégories de ces cellules sont contractiles, toutes doivent l'être. En outre, rien n'établit l'existence de la propriété d'isolation attribuée aux cellules de la névroglie, office qu'on peut avec une certaine raison attribuer au contraire aux gaines de myéline.

Mais le terrain déjà si mouvant sur lequel Cajal a édifié ces hypothèses se dérobe tout à fait lorsqu'il considère les contractions des cellules de névroglie, non pas comme le résultat de leur activité propre, mais comme un effet de la volonté. Serait-ce que par les ramifications terminales de leurs axones les neurodendrones exciteraient les cellules de la névroglie ? Dans cette interprétation, que suggère Kölliker, et qui serait la seule possible, ce ne serait pas les cellules de la névroglie, mais les neurodendrones qui joueraient le principal rôle dans les processus psychiques ; l'hypothèse de l'influence attribuée par Cajal aux cellules de la névroglie serait du tout inutile. Car il est clair que si la volonté agit primitivement sur les cellules nerveuses, cette influence suffit pour propager ce genre d'excitation à d'autres neurones et à des groupes entiers de neurones sans que les cellules de la névroglie aient à intervenir. Tout ce qu'on sait de la structure et des fonctions du système nerveux, a écrit Kölliker, témoigne hautement contre une telle hypothèse. Que l'on considère qu'il s'agit d'éléments, les cellules de la névroglie, qui sont « en dehors du système nerveux ». L'hypothèse d'une action des cellules de la névroglie sur les capillaires de l'écorce n'est pas moins imaginaire que ce qu'en a déduit Cajal pour expliquer le mécanisme de l'idéation, de l'association et de l'attention volontaire. On observe, en beaucoup de points de l'organisme, des cellules de névroglie en contact avec les vaisseaux sanguins, en particulier dans la queue des larves de batraciens (Kölliker), mais personne n'en a jamais inféré l'existence de propriétés contractiles de ces cellules. Les plus fins vaisseaux de l'écorce sont pourvus de fibres musculaires et de nerfs. Enfin le nombre des cellules de névroglie qui sont en contact immédiat avec les capillaires est beaucoup trop restreint, les rapports de ce genre que l'on surprend sont beaucoup trop irréguliers, pour qu'on puisse songer, sinon à des tiraillements accidentels, du moins à des dilatations régulières. Ajoutez que, comme l'a établi Cajal lui-même, chez nombre de vertébrés inférieurs il n'existe pas encore de cellules de névroglie, mais seulement des prolongements épendymaires s'éten[illegible] centres nerveux.

d'une paroi à l'autre, et qu'on ne saurait imaginer comment des contractions de ces filaments pourraient influencer les fonctions des neurodendrones chez ces vertébrés.

Telle est la réfutation en règle, on le voit, et bien déduite, des arguments, présentés d'ailleurs à titre de conjecture provisoire par Ramon y Cajal, de l'*hypothèse de la participation des cellules névrogliques à l'activité des fonctions psychiques*.

Quel rôle Kölliker attribue-t-il aux cellules de la névroglie ?

Ces éléments, aussi bien que les cellules épendymaires, représentent à coup sûr une *substance de soutien* et d'*enveloppe protectrice*, voire de « remplissage » ; elle sert surtout de manchon aux capillaires ; la présence d'une couche de névroglie sur toute la surface de la moelle épinière et du cerveau montre qu'elle a pour but d'exercer une fonction protectrice des éléments nerveux. De même, dans l'intimité de la substance grise : abstraction faite de leurs rapports avec les capillaires, les cellules de névroglie remplissent le même office pour les fins prolongements nerveux et pour les cellules nerveuses. Que les cellules de névroglie puissent servir à isoler les neurodendrones, c'est à quoi il n'est point permis de penser, affirme en propres termes Kölliker : « Qu'y aurait-il à isoler dans les fibres myéliniques de la substance blanche et de la substance grise, puisque le courant nerveux, *sit venia verbo*, ne passe sûrement point par la myéline du nerf ? Pour les fibres amyéliniques, c'est surtout par leur terminaison que ces fibres exercent leur influence sur d'autres fibres et sur les cellules nerveuses, et une isolation de ces fibres sur leur trajet n'est pas non plus nécessaire, comme le démontrent les invertébrés qui n'ont que des fibres amyéliniques. » Quel que soit le rôle, de nature subordonnée, des cellules névrogliques et des cellules épendymaires, il est certain que ce sont uniquement les *neurodendrones*, les cellules nerveuses, avec leurs prolongements, qui représentent seuls le substratum des fonctions nerveuses.

Reste la question du rôle des éléments nerveux.

Et d'abord quelle est la fonction propre des parties des neurodendrones, du corps cellulaire, des dendrites, de l'axone ? La direction du courant nerveux est dans les axones cellulifuge, cellulipète dans les dendrites (1). Quant aux processus de nutrition, des échanges ont certainement lieu entre le corps cellulaire et ses prolongements. C'est l'évidence même, non seulement quand on considère les premiers stades de développement du neurone, alors qu'il « pousse », pour ainsi dire, son axone et ses dendrites, mais dans les phénomènes de régénération qui ont lieu après la section d'un nerf, la régénération partant du bout central du cylindraxe. D'après Kölliker, qui le déclare expressément, c'est « la partie nucléée du neurodendrone qui joue le rôle principal, les prolongements ne viennent qu'en deuxième ligne et n'ont que des fonctions subordonnées. » Si la preuve de ce point de

(1) Que les dendrites soient capables de conduire les courants nerveux dans la direction cellulifuge et de les propager à d'autres dendrites, qui les transmettraient dans la direction cellulipète, c'est ce qui est aujourd'hui fort douteux et c'est, en tout cas, ce qu' « aucun fait précis » ne permet de croire, dit Kölliker. Ibid., p. 669.

doctrine ne peut être encore directement donnée, elle ressort avec évidence de tous les faits de l'histologie moderne, depuis Schwann. Ces faits établissent sans contestation possible l'importance du *noyau* cellulaire pour la formation de la cellule, pour son chimisme, sa croissance et sa prolifération, pour la fécondation, et, chez les organismes unicellulaires, pour l'existence tout entière de ces êtres. Voilà le principe d'où l'on doit partir pour l'étude des fonctions des éléments nerveux.

Tout ce que la science peut démontrer, mais ce qu'elle démontre, c'est que les fonctions du système nerveux sont liées aux cellules nerveuses, et que, lorsque ces éléments s'atrophient ou subissent des troubles dans leurs échanges, ou dégénèrent complètement, ces fonctions sont plus ou moins altérées. Et pourtant, selon ce que dit ici Kölliker, elle devrait complètement renoncer même à interpréter le rôle de ces éléments dans la sensation, dans les mouvements volontaires, dans le vouloir et le penser, dans la production de la mémoire, bref, dans les processus psychiques.

Les cellules nerveuses possèdent-elles toutes la même fonction ou diffèrent-elles à certains égards les unes des autres à ce sujet ? *Si l'on étudie le développement du système nerveux dans la série des vertébrés, et que l'on compare à ce développement l'apparition progressive des fonctions psychiques,* il en résulte en toute certitude que, seules, les cellules nerveuses du cerveau peuvent être appelées « psychiques », en tant qu'elles servent à la *psyché* ; car aucune autre partie du système nerveux ne participe à ces processus. Aussi Ramon y Cajal a-t-il montré, entre autres histologistes contemporains, que les *cellules pyramidales* sont les éléments caractéristiques de l'écorce cérébrale ; qu'avec le développement progressif de la *psyché* ces cellules présentent un développement morphologique correspondant, toujours plus élevé, dans la série des vertébrés, et que, dans les différentes classes de ces animaux, elles repassent par les formes de leur évolution première.

A ces cellules pyramidales *psychiques*, on pourrait opposer, continue Kölliker, les grandes *cellules motrices* multipolaires de la *moelle épinière* et des noyaux moteurs de la *moelle allongée*, les cellules de Purkinje du *cervelet*. Ce serait aussi le cas, d'autre part, pour les *cellules sensibles* des ganglions des nerfs crâniens et spinaux, pour les cellules olfactives de la *mucosa narium* et les cellules mitrales, pour certaines cellules de la rétine, de même que pour les cellules des noyaux terminaux sensibles de toute espèce de la moelle et du cerveau.

Il y aurait donc ainsi *trois espèces de cellules nerveuses*.

Il est bien inutile de faire observer à Kölliker lui-même que, d'après les propres termes de la leçon de logique qu'il a donnée plus haut à Ramon y Cajal, relativement à la prétendue contractilité des cellules névrogliques, *si certaines catégories de cellules nerveuses sont psychiques, toutes le sont et doivent l'être*. La distinction qu'a établie Kölliker entre les cellules pyramidales du cerveau, qu'il appelle « psychiques », et le reste des neurodendrones du névraxe, est un acte (car ce n'est pas même une doctrine) absolument arbitraire, et qui, pour être placé sous la sauvegarde et l'invocation de Sebastiano Ramon y Cajal, n'a d'égal, dans le domaine de la fantaisie, que l'hypothèse de la participation active des cellules de la névroglie aux processus psychiques.

Kölliker a d'ailleurs ajouté ce qui suit, quelques lignes plus bas : « On peut penser que les cellules nerveuses ont *toutes essentiellement la*

même fonction et que les fonctions différentes qu'elles accomplissent dépendent de la diversité des rapports que ces cellules soutiennent avec l'ambiance. » Pour comprendre l'évolution fonctionnelle et structurale du système nerveux, KÖLLIKER part du protozoaire et se demande comment il sent et se meut. Les cellules nerveuses les plus simples se développent ensuite progressivement en organes toujours plus complexes, les cellules périphériques des sens apparaissent et se transforment en organes des sens présentant tous les états de complexité relative. Il en va de même pour les appareils moteurs. « Si l'on pèse bien tout cela, et que l'on considère que le progrès anatomique des appareils élémentaires a été de pair avec le développement toujours plus élevé des fonctions, on finit par acquérir la conviction que *toutes les cellules nerveuses possèdent primitivement et essentiellement la même fonction* et que leur existence comme leur manière d'être dépend, purement et simplement, des stimulations variées qui de l'extérieur agissent sur elles et des nombreuses possibilités de réponse à ces stimulations. »

La voie véritable, la seule, selon nous, où l'on doive s'engager sans crainte d'errer, avait pourtant été indiquée et ouverte par STEINER. La théorie des « cellules psychiques » tombe tout à plat devant cette simple constatation d'un fait anatomique élémentaire dont STEINER a montré toute la portée pour l'intelligence des fonctions du système nerveux central :

Le cerveau et la moelle épinière ont, phylogéniquement comme ontogéniquement, une origine commune ; le cerveau n'est que le métamère antérieur de la série des métamères homodynames constituant le vertébré primordial, l'*Amphioxus*. Il existe donc, STEINER y a insisté, entre ces deux parties du système nerveux central une *continuité*, continuité anatomique et continuité physiologique. Anatomique, car le cerveau est composé des mêmes éléments que la moelle épinière. Physiologique, car notre « centre cérébral » (*Hirncentrum*) peut et doit avoir possédé à l'origine les mêmes propriétés que les centres homologues de la moelle épinière. La propriété caractéristique des centres de la moelle épinière, c'est le réflexe. Or, cette propriété, toutes les observations de STEINER sur le *Hirncentrum* des vertébrés lui ont démontré qu'elle appartenait essentiellement à ce centre d'innervation supérieur (1).

KÖLLIKER a présenté également la critique, au point de vue histologique, de la nouvelle théorie de la division fonctionnelle de l'écorce cérébrale par PAUL FLECHSIG. Tandis que les centres de sensibilité possèderaient

---

(1) J. STEINER. *Die Functionen des Centralnervensystems and ihre Phylogenese*. Ite Abth. (1885), 63.

une structure histologique spéciale, celle des centres intellectuels serait absolument uniforme et correspondrait au type fondamental.

S'il en était ainsi, écrit Kölliker, on devrait admettre des différences essentielles entre les cellules pyramidales des différentes aires cérébrales. Mais voici au contraire la remarque qu'on doit faire : 1° l'anatomie ne connaît point de différences fondamentales dans la structure microscopique des cellules pyramidales des diverses provinces du cerveau, non plus qu'une structure spéciale des centres de sensibilité (cf., § 182). Les différences constatées se rapportent au volume, au nombre et à la distribution des cellules pyramidales, à la quantité et à l'étendue des fibres myéliniques et amyéliniques, et « n'ont pas grande importance relativement aux principaux processus de la vie psychique ».

Que pense Kölliker des mouvements amiboïdes attribués aux cellules nerveuses par Rabl-Rückhard et Duval ? Quelque piquant qu'il puisse paraître de ramener les actes de l'activité psychique supérieur comme le sommeil et la veille à de simples processus histologiques de cet ordre, une pareille hypothèse ne peut être admise que s'il existe des faits décisifs en sa faveur ; *or jusqu'ici ce n'est point le cas*, affirme Kölliker. Il en est de même de la modification qu'ont fait subir à cette hypothèse Tanzi (1893) et Lugaro (1895).

Voici d'abord la critique des hypothèses de Mathias Duval, et, peut-on légitimement ajouter, de Lépine, sur l'amiboïsme des extrémités des neurodendrones et sur le rôle capital attribué par ces auteurs, ainsi que par Rabl-Rückhard, et par Wiedersheim d'abord, à cette prétendue propriété dans la production des fonctions psychiques (1). D'après Duval, écrit v. Kölliker, cette hypothèse ou cette conception « qui ramène les actes cérébraux même les plus élevés à des processus histologiques semblables à ceux que nous observons sur les amibes ou les leucocytes, trouverait son application dans l'analyse des phénomènes du sommeil et du réveil, et nous donnerait ce qu'il appelle la *théorie histologique du sommeil* (2) ».

---

(1) Von Kölliker. *Kritik der Hypothesen von* Rabl-Rückhard *und* Duval *über amoeboide Bewegungen der Neurodendren*. Aus den Sitzungsberichten der Würzburger Physik.-medic. Gesellschaft., 1895, VI, Sitzung von 9. März, 1895.

(2) M. Duval. *Hypothèses sur la physiologie des centres nerveux ; théorie histologique du sommeil*. C. R. de la Soc. de biol., 2 février 1895 ; 9 février 1895. Cf. *Théorie mécanique de la paralysie hystérique, du somnambulisme, du sommeil naturel et de la distraction*, par R. Lépine. Ibid. — Dès 1894, résumant en termes d'une clarté et d'une précision parfaite, à son habitude, « l'hypothèse mécanique » dont il s'agit, hypothèse que la lecture des travaux de Ramon y Cajal lui avait inspirée, Lépine ajoutait ces paroles, qui montrent avec quelle pénétration il avait, dès la première heure, compris la position véritable des termes du problème : « Qui sait si un observateur ne parviendra pas à saisir chez quelque animal inférieur, à l'état de vie, des mouvements dans les prolongements des cellules nerveuses ?... Mon hypothèse acquerrait, *ce jour-là*, une base, et la pathogénie que je propose aujourd'hui, *avec réserve*, un commencement de démonstration. » *Sur un cas d'hystérie à forme particulière*. Revue de médec., 10 août 1894.

Chez l'homme qui dort, « les ramifications cérébrales du neurone sensitif central sont rétractées, comme le sont les pseudopodes d'un leucocyte anesthésié, sous le microscope, par l'absence d'oxygène et l'excès d'acide carbonique. Les *excitations faibles* portées sur les nerfs sensibles provoquent, chez l'homme endormi, des réactions réflexes, mais ne passent pas dans les cellules de l'écorce cérébrale; des *excitations plus fortes* amènent l'*allongement* des ramifications cérébrales du neurone sensitif, par suite le passage jusque dans les cellules de l'écorce, et par suite le réveil, dont les phases successives traduisent bien ces rétablissements d'une série de passages précédemment interrompus par rétraction et éloignement des ramifications pseudopodiques. » On expliquerait semblablement les anesthésies et les paralysies hystériques d'une part, d'autre part, l'augmentation d'activité de « l'imagination, de la mémoire, de l'association des idées » sous l'influence de divers agents (thé, café), qui auraient sans doute pour effet « d'exciter l'amiboïsme des *extrémités nerveuses* en contiguïté, de rapprocher ces ramifications, de faciliter les passages ».

A l'appui de son hypothèse, Duval invoque surtout les observations de Wiedersheim (Anat. Anz., déc. 1890) sur les mouvements amiboïdes de certaines cellules cérébrales de la *Leptodora hyalina*. Déjà Rabl-Rückhard avait d'ailleurs, au printemps de la même année (1890), exprimé les mêmes idées que Duval lui-même dans un article du Neurologisches Centralblatt (1), remarque (Kölliker le déclare expressément) dont l'intention ne saurait être de diminuer en quoi que ce soit la part de M. Duval (et de R. Lépine) à l'hypothèse nouvelle. Mais voici quelques réflexions que cette hypothèse suggère à Kölliker :

« I. L'hypothèse, cela est incontestable, a quelque chose de séduisant. Si les extrémités des dendrites et des axones étaient animées de mouvements amiboïdes, plusieurs fonctions du système nerveux s'expliqueraient facilement en apparence, par exemple la production plus ou moins facile ou difficile de simples impressions sensibles, de réflexes, d'associations; puis le sommeil et le réveil, l'hypnotisme, l'hystérie et autres phénomènes de la sphère pathologique.

« II. Comme des substances paralysantes, telles que l'éther et le chloroforme, paralysent et abolissent les mouvements des cils vibratiles, des filaments spermatiques, des infusoires et des leucocytes, leur influence sur le système nerveux s'expliquerait avec facilité dans la théorie dont il s'agit.

« III. Mais *pas un seul fait* déterminé ou certain n'atteste l'existence de mouvements amiboïdes soit des *dendrites*, soit des arborisations terminales des *neuraxones*. Les

---

(1) *Sind die Ganglienzellen amöboid? Eine Hypothese zur Mechanik psychischer Vorgänge.* Neurol. Centralbl., 1890, n° 7.

observations de Wiedersheim sur la *Leptodora* sont, pour diverses raisons faciles à concevoir, peu concluantes pour l'hypothèse nouvelle (1). En outre Duval attache au fait établi pour la première fois, soit dit en passant, par Kölliker (Virchow's Archiv, Bd. X, 1856), que le curare paralyse surtout les terminaisons nerveuses dans les muscles, une importance qu'il n'a point dans cette question. Enfin il en faut dire autant des observations invoquées par ce savant touchant les mouvements semblables à ceux des cils vibratiles des prolongements périphériques de certaines cellules olfactives (Max Schultze) (2). »

Dans sa seconde communication, où Duval commente l'hypothèse, identique et antérieure à la sienne, de Lépine, qui tient pour possible qu'une rétraction ou un « retrait » et « un rétablissement des prolongements » ou terminaisons des neurodendrones soient dus à des « modifications chimiques du protoplasma cellulaire », l'éminent embryologiste français entrevoit que les cellules nerveuses peuvent présenter des phénomènes de *chimiotropisme* (ou *chimiotaxie*) *positif* ou *négatif*, c'est-à-dire qu'on peut « ramener facilement les actes nerveux dits de dynamogenèse et ceux dits d'inhibition à des processus élémentaires tels que ceux qu'on observe directement chez les leucocytes. » Or, Kölliker fait remarquer ici, en opposition formelle avec M. Duval, que le chimiotropisme positif des leucocytes, tel qu'on l'observe, repose sur le fait que ceux-ci sont attirés par des produits de décomposition ou dans certains tissus d'insectes au cours de leurs métamorphoses (et aussi, ajouterai-je, de larves de vertébrés, de têtards se transformant en grenouilles, etc.). On ne voit donc point comment les processus chimiques normaux qui s'accomplissent au sein des tissus nerveux pourraient jouer le rôle qui leur est attribué. S'il était démontré que les leucocytes, comme les myxomycètes, vont au-devant de l'oxygène et présentent une chimiotaxie négative pour les liquides qui contiennent une quantité moindre de ce gaz, on pourrait se faire quelque idée des états variés que présenterait l'amiboïsme prétendu des neurodendrones, mais ici encore il n'existe *aucun fait* de nature à appuyer l'hypothèse.

Il y a des faits au contraire qui s'opposent à ce qu'on admette l'hypothèse de mouvements amiboïdes des extrémités des arborisations nerveuses des neurones. Les voici :

---

(1) « Les observations de Wiedersheim sur le cerveau de la *Leptodora hyalina* lui ont permis de constater que les cellules nerveuses ne sont pas immobiles, mais présentent des changements de forme, des mouvements amiboïdes. » M. Duval, l. l. Voyez, pour ce qu'il faut penser de la nature « nerveuse » de ces cellules, d'après Wiedersheim lui-même. J. Soury, *L'Amiboïsme des cellules nerveuses*. Rev. génér. des sciences, 1898, 370 sq.

(2) « D'autre part, les cellules olfactives sont considérées aujourd'hui comme des cellules nerveuses, et on sait que leurs prolongements périphériques, homologues des prolongements dits de protoplasma d'un neurone, sont doués de mouvements. » M. Duval, l. l.

« I. Le fait que *les cylindraxes ne sont pas contractiles* et ne sauraient, ni par des excitations électriques, ni par des excitations mécaniques, être mis en état de contraction ;

« II. Le fait que, dans les parties transparentes d'animaux observés vivants, on n'aperçoit aucun mouvement des extrémités nerveuses (larves de batraciens et de siredons, extrémités nerveuses des neurones de la tête de l'amphioxus);

« III. Le fait que les cylindraxes ne sont point formés de simple protoplasma mou, mais sont relativement solides et organisés (fibrillaires). »

Les conséquences de l'hypothèse combattue par Kölliker ne seraient pas moins graves. Si les extrémités des neurodendrones étaient animées de mouvements amiboïdes, *ces mouvements auraient lieu,* comme chez les leucocytes, *d'une manière ininterrompue,* pendant toute la vie, dans les conditions ordinaires, sous l'influence de l'arrivée des matières nutritives, aux températures moyennes. Au cas où quelque chose de pareil se passerait dans le cerveau, comment une stabilité quelconque des processus psychiques serait-elle possible ? Comment la pensée pourrait-elle s'exercer quelque temps avec suite ? Comment pourrait-on tenir un discours ou accomplir un travail dans lesquels existeraient quelque ordre et quelque régularité ?

Tout ce qu'on sait sur les fonctions des fibres nerveuses, centrifuges ou centripètes, atteste que ces fibres, sans changer de formes, simplement en vertu de processus chimiques et de vibrations moléculaires, accomplissent leurs fonctions. Il en est ainsi dans la production de l'électricité et des phénomènes lumineux, dans la production des contractions des muscles, dans la transmission de l'électricité, des ondes sonores et lumineuses, dans l'excitation de ces mêmes fibres nerveuses par des stimuli mécaniques, etc., enfin dans « les fonctions psychiques ».

Ajoutez qu'on ne saurait raisonnablement douter que « les fonctions les plus essentielles du système nerveux — les processus psychiques en particulier — ne soient surtout liées aux *cellules nerveuses* » :

« 1. Les cellules nerveuses tirent d'elles-mêmes, par développement, les fibres nerveuses, elles les nourrissent, et, quand ces fibres sont détruites, les régénèrent ;

« 2. Un grand nombre de poisons agissent électivement sur la substance grise, tels que la strychnine, la nicotine, la morphine, la vératrine, etc. ;

« 3. Les cellules nerveuses possèdent, selon toute apparence, une structure plus compliquée que les fibres nerveuses; et ces cellules semblent même se comporter différemment, au point de vue fonctionnel, dans les différentes parties du système nerveux ;

« 4. Suivant Magini, dans les décharges des organes électriques de la torpille, les noyaux et les nucléoles des cellules des lobes électriques présentent des déplacements tout à fait déterminés liés à l'activité de ces cellules ».

En résumé, d'après Kölliker, les facteurs essentiels des fonctions psychiques de la *sensation*, de la *conscience*, de la *volonté*, de la *mémoire*, de la *pensée*, sont les *cellules nerveuses*. Mais ces organites participent à ces fonctions par toutes leurs parties, c'est-à-dire, « comme neurodendrones entiers, avec tous leurs prolongements ». Ces cellules, excitées par voie centripète, agissent, d'une manière variée, par leurs prolongements, les unes sur les autres, et, dans une direction cellulifuge, sur les éléments cellulaires moteurs, sensibles ou psychiques. Au cours de tous ces processus, les voies suivies sont tantôt plus simples, tantôt plus compliquées, et il en résulte les degrés les plus variés de complexité et d'intensité. Dans le cas le plus simple, ce sont uniquement les voies les plus directes qui sont suivies; d'autres fois, toutes les voies latérales possibles, toutes les collatérales des cylindraxes, entrent en fonction. Là une simple sensation consciente et un mouvement volontaire; ici des réflexes de tout genre et de toute sorte. A cet égard, un effort plus ou moins grand de l'intelligence, un degré d'exercice plus ou moins avancé, une gymnastique de l'esprit plus ou moins parfaite aura la plus grande importance et, dans certains cas, produira les combinaisons les plus inattendues, les plus riches associations, laissant en quelque sorte en arrière les processus habituels et abandonnant les voies battues.

A ce point de vue, Kölliker estime digne de considération une pensée de Ramon y Cajal : L'exercice et l'effort continu de l'intelligence ne peuvent-ils produire, même chez l'adulte, de nouvelles connexions dans le cerveau ? Les extrémités des neurodendrones ne peuvent-elles, dans ces conditions, s'allonger et s'étendre d'une manière *permanente*? Si l'on prend garde que les neurodendrones, avec leurs dendrites et leurs axones, subissent manifestement un développement lentement progressif, même pendant la période postembryonnaire, au cours de la croissance du système nerveux, et qu'il est au plus haut point vraisemblable que le développement des éléments nerveux d'un individu, leur différenciation anatomique, est en raison du degré du développement intellectuel de cet être, il sera naturel de conclure que, même chez l'adulte, un développement ultérieur des neurones est possible de la manière indiquée. Ce serait là une sorte d'amiboïsme, qui pourrait même offrir une phase d'involution régressive, telle qu'on l'observe indubitablement non seulement avec le progrès de l'âge, mais très vraisemblablement aussi dans les maladies mentales.

L'hypothèse histologique de Tanzi et de Lugaro sur la structure et les fonctions des organes psychiques du télencéphale dérive de celle de Ramon y Cajal qui a émis, dès 1893, l'hypothèse suivante : On pourrait supposer que, chez l'adulte, l'exercice et l'application constante de l'intelligence, puisqu'ils ne peuvent produire de cellules nouvelles, — les cellules nerveuses ne se multiplient pas comme les cellules musculaires — portent un peu plus loin que d'ordinaire le *développement des expansions protoplasmiques et des collatérales nerveuses*, en forçant l'établissement de connexions intercorticales nouvelles, plus longues et plus étendues. Enfin, voici comment s'exprime Kölliker sur ces hypothèses, dans la 6ᵉ édition de son *Manuel* (p. 811), comme en 1895 : « Si l'on considère que les neurodendrones, avec leurs dendrites et leurs axones, au cours du développement du système nerveux, même dans la période postembryonnaire, se développent en réalité, lentement et progressivement ; si l'on prend garde qu'il est très vraisemblable que, suivant le degré de développement intellectuel de l'individu, le développement anatomique de ses éléments nerveux atteint un niveau plus ou moins élevé, on est sûrement amené à conclure que, même chez l'adulte, des progrès évolutifs de cette nature sont possibles. Il existerait ainsi une manière de changement de forme, d'amiboïsme, où une phase négative de réversion serait également possible, laquelle d'ailleurs existe, sans aucun doute, non seulement dans la vieillesse, mais très vraisemblablement aussi dans les maladies mentales ».

Les recherches les plus récentes sur l'anatomie fine de la cellule nerveuse n'ayant fait faire aucun progrès, selon Kölliker, à notre connaissance des processus internes du neurone, qu'il s'agisse de ses fonctions « somatiques » ou « psychiques », et rien ne nous instruisant présentement des diversités fonctionnelles qui peuvent caractériser les différents neurones, le célèbre histologiste de Wurtzbourg estime qu'il vaudrait peut-être mieux supposer que « *chaque cellule nerveuse* possède *potentia* la faculté de réaliser *toutes les fonctions* liées au système nerveux et à ses organes ». Ainsi, dans les noyaux terminaux sensibles, chaque cellule recevrait les excitations périphériques, de même que, dans les noyaux d'origine des nerfs moteurs, chaque cellule ne réaliserait que des effets purement moteurs. « La même chose aurait lieu aussi pour les processus psychiques : chaque cellule des organes centraux des sens posséderait la faculté de produire des sensations conscientes de lumière, de son, d'odeur, aussi bien que des images commémoratives (*Erinnerungsbilder*), etc. En parlant ainsi, je suis en désaccord, je le sais très bien, avec les thèses qu'ont naguère présentées Flechsig et Ramon y Cajal, thèses suivant lesquelles la production des perceptions des sens et des images mentales serait toujours liée à un nombre plus ou moins grand de cellules. Je

prends donc la liberté d'insister encore une fois sur quelques faits d'anatomie comparée qui établissent incontestablement que, dans certains cas, un petit nombre de cellules suffit pour accomplir ce qui n'est réalisé, dans d'autres cas, que par un plus grand nombre de neurones ». Et KÖLLIKER cite l'organe électrique de *Malapterurus*, les cellules géantes de la moelle épinière de l'*Amphioxus* et de beaucoup de poissons, ainsi que les fibres motrices colossales qui en proviennent vraisemblablement, parmi lesquelles on compte les fibres de MAUTHNER, qui existent déjà chez les Amphibiens. On n'a point d'ailleurs jusqu'ici établi l'existence de cellules dont les fonctions soient proprement celles de la sensibilité ou des processus psychiques. Le développement et la structure du système nerveux chez les vertébrés inférieurs prouve manifestement que les moyens employés pour réaliser ces phénomènes sont tout autrement simples que chez les vertébrés supérieurs. Chez ceux-ci même, KÖLLIKER n'aperçoit aucune raison qui empêche d'admettre que chaque cellule de la rétine ne soit capable de percevoir des impressions lumineuses spéciales. Il n'y a pas plus de motif de croire que, dans le lobe occipital aussi, la production de sensations conscientes de lumière ne puisse être liée, de nécessité, qu'à un certain nombre de cellules pyramidales. Pourquoi une cellule unique, qui porte à la conscience une impression des sens, ne saurait-elle la conserver aussi à l'état d'image commémorative ? On objecte que dans la grande majorité des cas un nombre considérable de cellules pyramidales prennent part aux processus psychiques. Mais il ne suit pas nécessairement de cette hypothèse, selon KÖLLIKER, que chaque cellule n'ait point, individuellement, sa fonction propre, autonome, et ne puisse fonctionner qu'associée à un grand nombre d'autres neurones.

D'après les dernières recherches de WEIGERT, non seulement il n'existe aucun rapport entre les éléments de la névroglie, pourtant accumulés autour des vaisseaux, et les parois de ces vaisseaux : la névroglie, simple organe de soutènement ou de protection du système nerveux, masse de remplissage, tissu qui prolifère quand la cellule nerveuse dégénère, ne posséderait point les fonctions que lui attribue RAMON Y CAJAL, en particulier celle de matière isolatrice des courants nerveux. L'hypothèse des « états latents » des principaux processus mentaux, si par ces mots CAJAL entend autre chose que les conditions de ces états, paraîtra sans doute hors de saison. Il en faut dire autant de ce *deus ex machina*, la « volonté », que l'éminent histologiste espagnol évoque trop souvent, car il y a beau temps que cette abstraction est allée retrouver l'« apperception » de WUNDT, avec l'état de prétendu « monoidéisme » de l'attention, dont parle aussi CAJAL, dans le *caput mortuum* de la psychologie physiologique contemporaine.

La méthode de WEIGERT permet d'étudier la névroglie, chez l'adulte, à l'état normal et pathologique. Elle colore en bleu uniquement les fibres de la névroglie, avec les noyaux de toutes les cellules, y compris ceux des cellules de névroglie, et éventuellement les corpuscules rouges du sang dans les vaisseaux; elle ne colore ni le protoplasma des cellules nerveuses ou névrogliques ni les prolongements protoplasmiques et cylindraxiles des neurones, si ce n'est en jaune, couleur de contraste. Le problème que s'était proposé WEIGERT est donc en partie résolu : colorer le tissu interstitiel ou de soutènement appelé névroglie, le colorer nettement, isolément, complètement, sans teindre les éléments nerveux et surtout leurs cylindraxes. Toutefois, comme elle ne représente que les éléments différenciés et « émancipés » de ce tissu, les fibres, cette méthode est incapable de poursuivre jusqu'aux périodes embryonnaires l'histoire de ces mêmes fibres, car à cette époque du développement celles-ci ne sont pas encore différenciées des corps protoplasmiques de leurs cellules d'origine. La méthode d'imprégnation métallique de GOLGI demeure donc toujours, quoique inélective à cet égard, le meilleur réactif pour la connaissance de l'embryologie et du développement ultérieur de la névroglie, en particulier du rapport génétique des *fibres* et des *cellules* de ce tissu. La méthode de GOLGI imprègne en effet tous les éléments du système nerveux central, à l'exception des gaines de myéline, et fait apparaître, avec les cellules nerveuses et leurs prolongements, les cellules épendymaires, les cellules de la névroglie et leurs prolongements.

Que les fibres de la névroglie ne soient pas nées de ces cellules, mais soient nées originairement comme tissu interstitiel, c'est une imagination que repousse expressément WEIGERT : « Autant que je puis voir, écrit-il, *il n'est pas possible d'admettre une pareille opinion ni pour la névroglie,* ni pour le tissu connectif » (1). Il ajoute que les fibres de la névroglie ne sont pas élastiques, comme on l'avait cru par erreur (GERLACH). Les fibres de névroglie se colorent donc seules avec la coloration élective de WEIGERT, non le protoplasma ou substance cellulaire (*Zellprotoplasma*) « d'où ces fibres tirent leur origine », ainsi que l'établissent les recherches embryologiques. Le cylindraxe des cellules nerveuses est aussi du protoplasma *modifié,* dit WEIGERT; au point de vue de la coloration, il se distingue du corps protoplasmique de sa cellule d'origine en s'en éloignant : mais il n'existe jamais *émancipé* de celle-ci. Les fibres de la névroglie ne seraient plus au contraire qu'en contiguïté avec le corps cellulaire. Ce qui distinguerait donc

(1) C. WEIGERT. *Beiträge zur Kenntniss der normalen menschlichen Neuroglia. Festschrift.* Frankfurt a M., 1895, p. 52.

la fibre de névroglie, c'est qu'elle serait à la fois une substance *modifiée* et *émancipée* du corps cellulaire protoplasmique d'origine. Dès 1861, MAUTHNER avait nettement aperçu l'origine et la fonction de la névroglie; HENSEN, en 1876, avait suivi les cellules épithéliales jusqu'à la pie-mère, ainsi que l'a rappelé LENHOSSEK. JASTROWITZ, qui le premier employa le nom de cellules en araignée (*Spinnenzellen*) pour désigner les cellules de DEITERS, avait indiqué les rapports de l'épithélium épendymaire avec la névroglie. Mais au lieu de considérer la névroglie comme épithéliale à cause de son rapport avec l'épithélium épendymaire, JASTROWITZ tenait au contraire l'épendyme pour un endothélium, pour une sorte de tissu connectif; en d'autres termes, il ne tenait pas les cellules épithéliales pour la matrice des cellules en araignée, mais bien les cellules en araignée pour la matrice des endothéliums épendymaires du tissu connectif, lequel provient du mésoderme. Mais il avait écrit : « Nous voyons ici jusque dans ses moindres particularités l'*identité* des cellules de névroglie avec l'épithélium des ventricules. » Depuis 1884, VIGNAL a démontré, on le sait, que la névroglie est d'origine ectodermique. Tous les caractères chimiques, morphologiques, biologiques, histogéniques distinguent la névroglie du tissu connectif. L'unité de tous ces caractères est si nette, qu'on ne saurait admettre, selon WEIGERT, qu'une partie des fibres de la névroglie provienne de mésoderme, une autre de l'ectoderme. Seule, l'origine ectodermique des cellules de DEITERS est admissible. La nature est arrivée, dit-il, par deux voies différentes au même résultat : du *mésoderme*, elle a dérivé comme substance de soutènement le *tissu connectif*; de l'*ectoderme*, la *névroglie*, comme substance interstitielle et de liaison (*Bindesubstanz*). La névroglie n'est pas davantage de nature nerveuse (COLELLA), et il ne peut être douteux un seul instant que, au moins pour les « prolongements des cellules de DEITERS », pour les *Langstrahler*, fibres déjà différenciées à proximité du noyau et du protoplasma de ces cellules, dont elles sont émancipées, chez l'adulte, à l'état normal, la substance de ces éléments ne soit pas nerveuse : 1° parce que, avec la coloration de WEIGERT, rien de ce qui est nerveux ne se colore électivement, et que ces fibres se colorent seules en bleu sombre (conclusion *per exclusionem*); 2° parce que ces fibres possèdent une substance modifiée, non plus protoplasmique, et sont émancipées du corps cellulaire; 3° parce que ces *fibres* et leurs *cellules* se comportent, à l'état pathologique, tout à fait comme une substance connective, c'est-à-dire prolifèrent lorsque le tissu nerveux disparaît. Lorsque l'on répète, après FROMMANN et GOLGI, que la névroglie est formée des cellules de ce tissu et des prolongements de ces cellules, cela n'est exact, chez l'homme, suivant WEIGERT, que pour la période embryonnaire et pour les états pathologiques du système

nerveux : à l'état normal, et quand le développement est achevé, la névroglie est formée, enseigne WEIGERT après RANVIER, de cellules, et, en outre, de fibres, celles-ci l'emportant en nombre d'une façon si énorme qu'on les peut considérer comme l'élément essentiel de ce tissu.

Quant à l'origine des cellules de DEITERS, WEIGERT adopte les idées de la science de son temps sur la phylogénie et l'ontogénie de ces éléments : ce sont des cellules émigrées des surfaces intérieures des centres nerveux ; les cellules épithéliales du canal central et des ventricules envoient à la périphérie de longs prolongements qui s'étendent jusque sous la pie-mère, traversant tout le centre nerveux. Dans la période embryonnaire des oiseaux et des mammifères, et, chez les poissons, les batraciens et les reptiles, durant toute la vie, ces longues expansions périphériques des cellules épithéliales persistent ; puis, dans la plupart des centres nerveux, mais non dans la rétine, la muqueuse olfactive, etc., où la névroglie épithéliale demeure à cet état embryonnaire, les prolongements centraux et périphériques de ces corpuscules s'atrophient, et ces anciennes cellules épithéliales, arrêtées en pleine substance blanche ou grise, se transforment en cellules en araignée. Dislocation et différenciation de cellules originairement épithéliales en cellules en araignée, voilà donc le seul mode histogénique de la névroglie. Durant ce processus, c'est-à-dire durant la phase d'émigration et de transformation, ces cellules se multiplient (LENHOSSEK). Le développement ontogénique reproduit naturellement le développement phylogénique. Parmi les différentes parties du système nerveux central d'une seule et même espèce, a écrit SALA Y PONS (*La Neuroglia de los vertebrados*, Madrid, 1894, p. 38), celles dont l'origine est plus ancienne présentent des formes plus différenciées que celles qui ne descendent que d'un plus petit nombre d'ancêtres. Ainsi, dans la moelle épinière et le cervelet des oiseaux on trouve de vraies cellules en araignée ; dans le cerveau, on ne rencontre encore que des formes de transition. Chez les amphibiens et les reptiles, ces formes de transition se montrent dans la moelle épinière : il n'existe que des cellules épithéliales dans l'écorce cérébrale et le lobe optique.

C'est peu dire : dans le même organe, des différences apparaissent. Chez les poissons, il existe dans le cervelet des cellules de névroglie qui ressemblent à celles des mammifères, mais dans la valvule du cervelet, qui n'a, chez ces vertébrés, qu'un caractère plutôt embryonnaire, on retrouve les formes primitives de ces éléments. Les *cellules épithéliales* et les *cellules de* DEITERS peuvent remplir la même fonction. Au degré le plus inférieur de développement, il n'existe, ontogéniquement et phylogéniquement, comme substance de soutènement, que des *cellules épithéliales* (moelle épinière des poissons, écorce du cerveau des amphibiens

et des reptiles, centres nerveux des mammifères aux premiers stades de leur développement); à des degrés plus élevés, les *cellules en araignée* dominent (moelle épinière des oiseaux et des mammifères, écorce du cerveau et du cervelet de ces derniers); à des degrés intermédiaires, les *cellules épithéliales* et celles qui se rapprochent déjà de la forme des *cellules en araignée* se montrent dans l'écorce cérébrale et le lobe optique des oiseaux. En outre, plus un centre nerveux augmente de volume, plus diminue le nombre des cellules épithéliales de soutènement qui envoyaient d'abord leurs prolongements jusque sous la pie-mère.

L'histoire de la névroglie nous livre donc un des documents les plus anciens et les plus authentiques pour écrire ou esquisser déjà une paléontologie du système nerveux cérébro-spinal des vertébrés. C'est de quoi convient un esprit aussi pénétrant et aussi délicat que Weigert lui-même, et cela à propos des deux lois suivantes : 1° sous l'épithélium des ventricules et du canal central gît toujours une couche épaisse de fibres de névroglie d'un tissu très serré; ce feutrage est le plus épais qui existe normalement dans le système nerveux central; 2° les surfaces externes du système nerveux central (l'écorce cérébrale, par exemple) présentent aussi un épaississement remarquable de la névroglie, mais d'un tissu moins serré et moins dense que celui des amas épendymaires. Or, ces deux lois ne valent pas seulement pour les *surfaces internes* et *externes* du système nerveux de l'homme adulte, telles qu'elles existent présentement : elles ont la même valeur, jusqu'à un certain point, pour celles qui *ont existé* et qui *ont disparu* au cours de l'évolution organique des vertébrés. Ces traces anciennes, attestant encore un état antérieur de développement du système nerveux, nous sont révélées par la présence de traînées de névroglie, ou *traînées de (Kiel Kielstreifen)*, comme les appelle Weigert, qui ont persisté après l'accolement ou la soudure de ces surfaces, autrefois libres, par exemple dans la corne d'Ammon. Peut-être pourra-t-on se servir de ces sortes de témoins d'un passé très lointain de l'organisation des vertébrés pour la solution de questions de phylogénie et d'ontogénie. Comment, d'autre part, n'être point frappé du fait que la névroglie, qui n'est nulle part plus abondante que dans la *glande pinéale*, cette ruine du cerveau des vertébrés, dont les derniers vestiges sont en train de disparaître, l'est au contraire extraordinairement peu dans les *corps striés*, « si peu abondante, écrit Weigert (p. 120), qu'on peut bien dire que le *noyau caudé* et le *noyau lenticulaire* montrent par leurs rapports avec la névroglie combien ils correspondent au type de l'écorce du cerveau ».

Quelles sont les fonctions de la névroglie ? Quel est le rôle de cette substance interstitielle ? Ces fonctions sont purement passives. Examinons la nature de quelques-unes. Et d'abord, entre les fibres de la névroglie

et les éléments nerveux, il n'existe jamais la moindre transition de passage. Ainsi sur les préparations de Weigert, où les corps et les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses, ainsi que le commencement des cylindraxes, apparaissent en jaune, les fibres de la névroglie s'enlèvent nettement en bleu. Les rapports admis par Golgi entre les *prolongements protoplasmiques* des cellules nerveuses et la *névroglie* n'existent donc point. Quant aux *vaisseaux,* on sait depuis Virchow en quelle quantité considérable les masses de névroglie se rencontrent à la limite des espaces qui entourent ceux-ci. La névroglie est plus dense autour des gros vaisseaux, elle l'est d'ordinaire beaucoup moins dans l'entourage des petits ; on l'y rencontre pourtant toujours, même dans les couches profondes de l'écorce cérébrale, où les fibrilles de névroglie n'apparaissent plus qu'isolées et rares ou plus du tout.

Le rôle de la névroglie nous semble être, ainsi qu'à Lloyd Andriezen, par rapport aux vaisseaux des centres nerveux, le même que celui qu'elle paraît remplir quant aux surfaces internes et externes du névraxe : elle protège le tissu nerveux contre toutes les causes de lésion pouvant provenir de l'ambiance. Sans la gaine de névroglie, les parois des vaisseaux de l'écorce cérébrale n'opposeraient souvent qu'une résistance insuffisante aux brusques changements de pression. En outre, ainsi que le dit Weigert, qui parle ici de substance de soutènement, les vaisseaux sont, pour le système nerveux central, des corps étrangers au même titre que la pie-mère ; au regard des vaisseaux, la limite du tissu nerveux est une surface interne ; il doit être protégé comme les surfaces externes du cerveau et de la moelle. Il est remarquable que la couche pie-mérienne de névroglie du cerveau manque au cervelet. L'épaisseur de cette couche varie entre 0,003 et 0,03 selon la région du cerveau et l'âge de l'individu. Dans la vieillesse, la névroglie de l'écorce cérébrale (Golgi), et de cette couche en particulier, est plus épaisse et ses fibres sont plus grosses. La direction des fibres de la couche pie-mérienne de névroglie varie beaucoup, quoiqu'elle soit en général *tangentielle.* De cette couche rayonnent, dans la profondeur de l'écorce, des masses fibrillaires dont le nombre va en décroissant, jusqu'à complète disparition. On les peut suivre jusqu'à la limite inférieure des petites pyramides. Lloyd Andriezen (1893) admet qu'elles descendent jusqu'au milieu des grandes pyramides. Dans les couches profondes de l'écorce du cerveau, même dans celle des fibres radiaires à myéline, Weigert n'a plus rencontré que des fibrilles isolées de névroglie, et même aucune sur de vastes étendues. Dans la substance blanche du cerveau, au contraire, un abondant feutrage de névroglie reparaît, comme dans celle du cervelet ; les fibres de ce tissu sont seulement plus fines et leurs mailles plus serrées

dans le cerveau. Dans tout le système nerveux central, c'est une règle que *toute fibre nerveuse à myéline de la substance blanche est isolée des fibres voisines par des fibres de névroglie*. Ainsi naît, dans toute cette substance, un feutrage à mailles plus ou moins larges. La névroglie constitue donc encore ici une sorte de tissu servant à limiter, à isoler, sinon à défendre, à protéger et à soutenir l'élément nerveux. Tantôt une ou plusieurs fibrilles de névroglie séparent des autres une fibre nerveuse (dans le cerveau, le cervelet, la partie interne de la moelle allongée), tantôt ce sont des faisceaux entiers (partie externe de la moelle allongée).

Une autre fonction de la névroglie consiste à remplir ou combler les vides (*Raumausfüllende Aufgabe*). Depuis plus de vingt ans, Weigert a développé ce principe général de biologie, confirmé par l'histologie pathologique, que partout où le tissu nerveux laisse par sa disparition la place libre, la névroglie prolifère et remplit, comble les espaces vides. Il semble que le tissu nerveux, tant qu'il est vivant, oppose une sorte de résistance (*Gewebswiderstand*) aux processus de prolifération (*Wucherungsvorgänge*) de la névroglie. Que la myéline disparaisse, en effet, comme dans la sclérose multiple, que toutes les fibres nerveuses dégénèrent comme dans le tabes et les dégénérescences secondaires, que toutes les cellules nerveuses soient frappées comme dans la poliomyélite antérieure, que des régions entières du cerveau soient détruites comme dans la paralysie générale, que tout l'élément nerveux, cellules et prolongements, dégénère, comme dans les nécrobioses ischémiques, partout et toujours la névroglie comble les lacunes laissées par la mort totale ou partielle de l'élément nerveux. Dans la paralysie générale en particulier, on voit d'énormes quantités de cellules en araignée ou astrocytes, aux corps cellulaires extraordinairement gros, apparaître, hérissées de prolongements très épais. Les cicatrices qui se forment là où ont existé des foyers de ramollissement ne contiennent pas, dit Weigert, ainsi qu'il l'avait cru, de tissu conjonctif, mais des masses considérables de névroglie.

Restent les fonctions hypothétiques attribuées à la névroglie par Golgi, P. Ramon, Ramon y Cajal et Sala y Pons. Quant à l'hypothèse de l'existence de rapports entre les dendrites des cellules nerveuses et les prolongements des cellules de la névroglie, condition anatomique des fonctions trophiques attribuées par Golgi aux prolongements protoplasmiques, les préparations de Weigert permettent, nous l'avons dit, de l'écarter sans discussion. En outre, les fibres de la névroglie ne sont pas creuses, mais pleines ; elles ne pourraient donc servir de canaux propres au transport des sucs nutritifs. Selon les auteurs espagnols cités, le rôle de la névroglie serait d'isoler les courants nerveux, c'est-à-dire d'empêcher la production de courants secondaires, dérivés ou à côté, qui pourraient

nuire à la transmission directe des courants nerveux efficaces. Weigert démontre que les faits sur lesquels on voudrait fonder cette hypothèse ne sont pas exacts. Il est, par exemple, inexact que ce sont dans les amas de substance grise les plus pauvres en névroglie que les contacts des dendrites et des arborisations cylindraxiles existent en plus grand nombre. Dans les olives, les tubercules quadrijumeaux, etc., des contacts de ce genre existent certainement en très grand nombre : la névroglie y est pourtant très abondante, beaucoup plus abondante que dans la substance blanche. Le rôle physiologique de substance isolatrice des courants nerveux, attribué par les savants espagnols aux éléments de la névroglie, convient d'autant moins à la substance blanche des centres nerveux que les cylindraxes sont déjà entourés d'épaisses gaines de myéline ; à quoi servirait, demande Weigert, une autre couche isolante de névroglie ? Dans la substance grise, au contraire, on pourrait admettre l'utilité d'une substance isolatrice au point où les terminaisons arborescentes des cylindraxes et des collatérales entrent en contact avec les dendrites. Mais le moyen de croire que les courants nerveux sont transmis au hasard des rencontres des prolongements nerveux et cylindraxiles qui s'enchevêtrent inextricablement dans l'écorce cérébrale ?

Il doit exister, selon Weigert, dans la structure des centres nerveux, des conditions de transmission des courants nerveux qui ne permettent point à ceux-ci de s'égarer en dehors des voies prescrites et de faire fausse route. Aucune couche isolatrice de substance de névroglie ne doit donc être ici nécessaire. Et, s'il en est ainsi pour la substance grise, à plus forte raison en est-il de même pour les fibres à myéline de la substance blanche. D'ailleurs, les fibres de névroglie ne présentent jamais de masses fibrillaires susceptibles d'enclore ou d'isoler quoi que ce soit, mais de simples feutrages aux mailles plus ou moins larges. S'il fallait isoler absolument les dendrites des cylindraxes, peut-être le liquide ambiant dans lequel baignent les fins ramuscules de ces prolongements suffirait-il à cet office ; avec des courants de tension aussi faibles que ceux des neurones, ce liquide pourrait très bien servir d'isolateur. Enfin, la fonction de la névroglie qu'invoquent les auteurs espagnols ne saurait, à coup sûr, exister dans les couches profondes de l'écorce cérébrale, puisqu'il ne s'y rencontre plus même de fibrilles isolées de ce tissu ; là, dans le centre d'innervation le plus élevé du névraxe, on ne rencontrerait aucune des dispositions qui se trouvent si largement réalisées pour la bonne direction, s'il fallait en croire ces auteurs, des courants nerveux, dans des centres d'importance bien inférieure, tels que ceux des olives bulbaires ou des noyaux rouges de Stilling.

Au cours de ses études sur l'histologie et la pathologie de la névroglie,

G.-B. Pellizzi, s'appuyant sur les recherches de Golgi et sur les siennes propres, a insisté sur un point de fait et de doctrine dont l'expression paradoxale avait séduit nombre de biologistes, encore que Weigert eût expressément déclaré, nous le répétons, qu' « il n'était pas possible » d'admettre que les fibrilles de la névroglie ne fussent pas nées de cellules de névroglie : « La nouvelle méthode de Weigert est, de par sa nature spécifique, excellente pour les fibrilles de la névroglie considérées en elles-mêmes et pour leurs rapports : rien de plus ; sa nature même lui interdit de servir à l'étude des autres éléments de la névroglie ; ceux-ci échappent en effet à la réaction et par conséquent à l'observation. Si, avec cette méthode, on n'aperçoit point de rapports directs entre les prolongements et les corps cellulaires de la névroglie, cela ne saurait assurément suffire pour nier absolument l'existence de ces rapports. Autant vaudrait nier l'existence des autres éléments qui ne se colorent pas par cette méthode, le protoplasma des cellules de névroglie, par exemple, par la raison qu'on ne les voit pas (1) ». La méthode de Weigert constate une

---

(1) G.-B. Pellizzi. *Sulla struttura e sull'origine delle granulazioni ependimali.* Riv. speriment. di fren., vol. XXII, 1896, p. 466-487. — V. la critique des idées de Ranvier et de Weigert sur les rapports des fibres et des cellules de la névroglie dans Kölliker, *Handb. der Gewebelehre*, 6te Aufg., 1896, II, 148-150, 791 sq. Si, avec sa méthode, Weigert avait pu colorer aussi le *protoplasma* des cellules de la névroglie, elles lui auraient apparu comme des cellules étoilées (astrocytes), avec leurs prolongements, nullement indépendants et autonomes. Les résultats obtenus en ce domaine de l'histologie par la méthode de Golgi demeurent entiers.

W. F. Robertson a fait la même opposition que Pellizzi à la théorie de Weigert sur la névroglie. On doit continuer à soutenir que les fibres de la névroglie sont en continuité avec les cellules de la névroglie (*). Bevan Lewis l'avait démontré au moyen de sa méthode sur des préparations fraîches provenant d'un cerveau à la vérité pathologique (hyperplasie de la névroglie), puis sur des cerveaux d'animaux. Les cellules de névroglie ont présenté une forme irrégulière, épineuse ; les fibres sortaient exclusivement de l'extrémité des épines : elles étaient donc anatomiquement en continuité avec le protoplasma des cellules. Robertson fait remarquer à son tour que la théorie de Weigert n'est pas moins en désaccord avec les recherches de Golgi ; avec cette méthode, les cellules et les fibres de la névroglie se colorent, on le sait, en noir, ce qui n'aurait pas lieu, fait remarquer l'auteur anglais, si les deux éléments étaient chimiquement différents et si, comme le pense Weigert, la cellule de névroglie n'était qu'un centre d'où rayonnent les fibres de névroglie sans rapport actuel de continuité avec cette cellule. La démonstration positive de cette continuité, telle qu'elle résulte des images de Golgi, l'emporte sur l'assertion négative de Weigert, qui repose toute sur l'impuissance de sa méthode à déceler cette continuité. Avec la méthode de Weigert, le protoplasma des cellules de la névroglie n'est pas visible sur les préparations bien réussies ; mais, sur des préparations où la réaction a été incomplète, par exemple sur des préparations non fraîches de cerveaux d'animaux, d'un cerveau humain à cellules névrogliques hypertrophiées, etc., le protoplasma de ces cellules apparaît souvent coloré en violet ou en jaune en même temps que leurs fibrilles se montrent avec la plus grande netteté. Robertson explique aussi fort bien, ce semble, les illusions d'optique qui ont induit l'illustre histologique allemand à croire à la discontinuité des fibres et des cellules de la névroglie.

(*) W. F. Robertson. *Note on* Weigert's *theory regarding the structure of the neuroglia.* Journ. of ment. Science. 1897.

différence histochimique entre les prolongements et les corps cellulaires de la névroglie; voilà tout ce que cette méthode établit. Plus perfectionnée encore, surtout quant à la coloration de contraste, elle sera, toujours avec le contrôle d'autres méthodes, particulièrement précieuse pour l'histologie pathologique. Mais on ne peut arguer de la différenciation chimique existant entre les prolongements et le protoplasma des cellules de la névroglie pour nier la réalité de leur continuité. PELLIZZI témoigne hautement avoir constaté, au moyen de méthodes différentes, « la continuité du corps cellulaire et des fibrilles de la névroglie ». Ces fibrilles doivent être considérées comme des prolongements véritables de leurs cellules d'origine.

La formule classique de la loi de la polarisation dynamique des neurones a subi des modifications profondes de celui-là même qui en a été avec VAN GEHUCHTEN le législateur. « VAN GEHUCHTEN et moi, écrit RAMON Y CAJAL, nous avons proposé, il y a quelques années (1891), une hypothèse relative à la *marche du courant nerveux dans les neurones*, qui peut se formuler ainsi : l'arborisation protoplasmique est un appareil de réception des courants, le cylindraxe avec son arborisation terminale un appareil de distribution ou de répartition de ces courants à d'autres corpuscules nerveux. Le courant se propage toujours des expansions protoplasmiques au corps cellulaire, et, du corps cellulaire, par le cylindraxe, à l'arborisation terminale de celui-ci (1) ».

Cette formule n'a plus paru correcte à S. RAMON Y CAJAL : rigoureusement appliquée, elle ne convient qu'aux cellules bipolaires, sensitives et sensorielles, et à tous les neurones centraux dont l'expansion fonctionnelle sort du corps cellulaire. Toutes les fois que, en vertu de certaines lois, analysées dans ce travail, le cylindraxe procède, par exemple, d'un rameau protoplasmique, l'ancienne formule serait inacceptable. Voici comment le savant histologiste espagnol énonce aujourd'hui la théorie de la polarisation dynamique, applicable aux vertébrés comme aux invertébrés : « Le corps cellulaire et les expansions protoplasmiques représentent un appareil de réception des courants, lesquels se propagent

---

(1) S. RAMON Y CAJAL. *Leyes de la morfologia y dinamismo de las células nerviosas*. Ley de la polarización dinámica dendrifuga y axipeta ; ley de economia de protoplasma conductor, y ley de ahorro de tiempo de conducción. Integración longitudinal y transversal de los centros nerviósos. — Riv. trimestr. micrográfica, 1897, II, 1-28. — Cf. sur les trois lois d'épargne de matière, de temps et d'espace, facteurs téléologiques auxquels la nature paraîtrait avoir obéi, au moins dans la majorité des cas, touchant la morphologie, la situation et l'orientation des cellules nerveuses et de leurs prolongements. *Discursos* leidos ante la R. Acad. de ciencias... en la recepción pública del Sr. D. SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL, 1897. Madrid, 1897, p. 72 sq.

toujours vers l'axone ou cylindraxe pour se distribuer, grâce aux ramifications terminales et collatérales de celui-ci, au protoplasma d'autres neurones. Le courant n'est donc pas toujours cellulipète dans les expansions protoplasmiques ni cellulifuge dans les nerveuses; dans les premières, il est constamment *axipète*, c'est-à-dire qu'il va vers l'axone ou cylindraxe; il est *dendrifuge* ou *somatofuge* dans les secondes. Les *expansions* et le *corps cellulaire* représentent par conséquent un système de *courants convergents*; le *cylindraxe* un canal de *courants parallèles*, et l'arborisation nerveuse terminale un *jet de courants divergents*. » Telle est la formule nouvelle de la *théorie de la polarisation axipète des neurones*. Voici quelques-uns des faits invoqués en faveur de la nouvelle formule de RAMON Y CAJAL.

Cellules en crosse des centres optiques. — Ces cellules ont été observées par RAMON Y CAJAL et son frère et par VAN GEHUCHTEN dans le lobe optique des oiseaux, des reptiles, des batraciens. Ce sont des cellules du type fusiforme dont le cylindraxe sort en haut d'une expansion protoplasmique pour s'incliner ensuite et descendre dans la couche des fibres nerveuses profondes. Si, d'après la formule ancienne, on suppose que le courant des expansions protoplasmiques soit exclusivement cellulipète, la tige protoplasmique occupant l'espace intermédiaire entre le corps cellulaire et l'origine du cylindraxe conduira le courant dans un sens contraire à celui qu'indique l'ancienne loi, puisqu'au lieu de conduire dans le sens cellulipète, elle conduira dans le sens cellulifuge. De même les expansions protoplasmiques émises sur la longueur de cette tige enverront le courant, non vers la cellule, mais vers le cylindraxe. Avec la correction apportée à l'énoncé de la théorie de la polarisation dynamique, qui dit que le courant nerveux se propage toujours, dans les prolongements dendritiques et le corps cellulaire, vers le cylindraxe, la difficulté disparaît, et les cellules en crosse rentrent dans la conception dynamique générale. Cet exemple prouve que « l'onde nerveuse n'a pas besoin de passer nécessairement par le corps cellulaire, et que celui-ci, dans le système des *courants convergents* constitué par l'arborisation protoplasmique, n'est que le lieu de cette arborisation où résident le noyau et les inclusions cytoplasmiques, lieu variable dans chaque neurone. » Or, pour VAN GEHUCHTEN, l'arrivée du courant au corps cellulaire est une condition indispensable : « Le corps cellulaire, dit-il, et CAJAL cite les paroles mêmes du savant anatomiste de Louvain, d'un élément nerveux est le véritable centre d'action. C'est là qu'arrivent les ébranlements nerveux... C'est de là aussi que partent les ébranlements nerveux pour parcourir le prolongement cylindraxile. »

Il est d'autres types cellulaires où le cylindraxe procède également d'un prolongement protoplasmique, non du corps cellulaire. Chez les mammifères, CAJAL signale cette disposition dans les grains du cervelet, beaucoup de pyramides cérébrales, les cellules de MARTINOTTI de l'écorce, un grand nombre de neurones moteurs. Dans ces cas, toutefois, la portion de tige protoplasmique intermédiaire entre le corps cellulaire et la sortie du cylindraxe, portion qui doit de nécessité conduire dans le sens cellulifuge, est d'ordinaire relativement courte. CAJAL rappelle ainsi nombre de cas de « conduction cellulifuge du protoplasma », fait qui non seulement devient conciliable, mais demeure d'accord avec la loi de la conduction axipète dans le corps cellulaire et les expansions dendritiques. Dans les *cellules des invertébrés*, RETZIUS, BIEDERMANN, LENHOSSEK, etc., ont démontré que les expansions réceptrices et collectrices des courants sortent, chez les vers et les crustacés,

non du corps cellulaire, du moins dans la majorité des cas, mais sur le trajet initial du cylindraxe (expansions initiales ou collatérales du cylindraxe ou appareil de réception des neurones moteurs des invertébrés). Que, chez les invertébrés, les expansions initiales de l'axone représentent les expansions protoplasmiques des neurones des vertébrés, c'est ce que von LENHOSSEK considère à bon droit comme une hypothèse très vraisemblable. Des dispositions pareilles se voient aussi chez les poissons et chez les batraciens. Le courant nerveux transmis par ces expansions du cylindraxe se réfléchit immédiatement sur le cylindraxe sans remonter au corps cellulaire qui, pour sa part, représente un appareil collecteur spécial d'autres courants. Si l'on admettait que le courant transmis par les collatérales des fibres sensitives rétrograde jusqu'au corps cellulaire, la portion initiale du cylindraxe du neurone moteur posséderait à la fois une conduction cellulipète et une conduction cellulifuge, ce qui est contraire à la théorie. CAJAL n'incline point du tout à le croire. En outre, la marche rétrograde de l'excitation occasionnerait un retard de transmission. Dans l'hypothèse de la marche axipète du courant dans les expansions des dendrites et dans le corps cellulaire, du courant dendrifuge ou somatofuge dans le cylindraxe, la difficulté disparaît : le dynamisme des neurones des invertébrés rentre dans la loi générale de cette fonction chez les vertébrés.

Ganglions spinaux des vertébrés. — Bipolaire chez les poissons, la forme de ces cellules devient unipolaire chez les batraciens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Quand le neurone est bipolaire, ce qui a lieu chez les embryons de tous les vertébrés et dans la phase adulte de quelques poissons, la *théorie de la polarisation dynamique* est d'une application facile : l'expansion périphérique ou réceptrice est considérée comme un prolongement protoplasmique qui, à cause de sa longueur, s'est revêtu d'une couche isolante de myéline. Mais quand la cellule est unipolaire, l'interprétation de la marche du courant ne correspond pas à l'ancienne formule de la théorie. En effet, d'après celle-ci, on doit supposer que, par la tige de bifurcation ou prolongement unipolaire du neurone, circulent à la fois un courant cellulipète, venu de l'expansion périphérique, un courant cellulifuge, qui part du corps cellulaire et se propage dans le prolongement central. VAN GEHUCHTEN considère cette tige comme la fusion des portions initiales des deux prolongements, central et périphérique; mais, dit CAJAL, ni la structure chez l'adulte, ni l'histogenèse n'autorisent une « hypothèse aussi hardie ». Si l'on admet que l'excitation sensitive apportée par l'expansion périphérique gagne directement la moelle épinière sans passer par le corps cellulaire, c'est-à-dire que le courant soit axipète dans le prolongement protoplasmique ou périphérique, et dendrifuge dans le prolongement nerveux ou central, toute difficulté, selon CAJAL, disparaît encore une fois. La conduction du corps cellulaire et de la tige de bifurcation serait également axipète pour les courants apportés par les *arborisations nerveuses péricellulaires* qu'EHRLICH et CAJAL ont découvertes, et dont l'existence a été confirmée par DOGIEL. Mais, en aucun cas, n'interviendraient le corps cellulaire et la tige de bifurcation dans la transmission du courant sensitif cutané. La nouvelle formule permettrait d'identifier le corps cellulaire avec ses prolongements dendritiques, car, dans l'un comme dans les autres, le courant suit une même direction : il converge vers l'origine du cylindraxe.

Ainsi, le cytoplasma et l'expansion principale des cellules des ganglions spinaux ne participeraient pas à la conduction ou n'y participeraient que dans une mesure bien moindre que les prolongements périphériques et centraux de ces neurones. Nous exposerons les objections élevées par

Lugaro contre cette doctrine de Cajal ; elles portent particulièrement sur le volume considérable des cellules de ces ganglions, car il paraît probable, de ce chef, que le spongioplasma et les éléments chromatiques du cytoplasma doivent exercer une influence positive sur la production et sur la transmission de l'onde sensitive. Ce sont là des arguments dont Cajal ne nie pas « la grande importance physiologique » ; il n'estime toujours point cependant que le corps de la cellule intervienne directement dans la production et la transmission de l'onde sensitive. Voici une des raisons principales qu'il apporte aujourd'hui à l'appui de son sentiment. L'examen des diverses espèces de neurones nous enseigne que le corps cellulaire présente un volume remarquable dans les deux cas suivants : 1° quand le cytoplasma reçoit de nombreuses arborisations (cellules de Purkinje, cellules motrices, cellules des ganglions spinaux, etc.) ; 2° quand les dendrites et l'axone atteignent des diamètres considérables. Il ne saurait donc être surpris du volume des cellules sensitives unipolaires des ganglions spinaux : de nombreuses arborisations péricellulaires les entourent, exigeant un accroissement de surface réceptrice, et partant un développement correspondant des voies internes du spongioplasma destiné à la transmission des ondes nerveuses ; des prolongements étendus doivent entraîner une augmentation de la masse du protoplasma du corps cellulaire. Ainsi s'explique le grand volume de toute cellule pourvue de vastes expansions dendritiques et nerveuses au regard de celles qui, comme les grains du cervelet ou les cellules bipolaires de la rétine, n'émettent qu'un petit nombre de prolongements, courts et maigres. Telle est la dernière expression de la pensée de Ramon y Cajal sur le passage de l'excitation sensitive par les ganglions spinaux (1).

Que représente le corps cellulaire, si l'on considère sa signification physiologique ? Ce n'est que « le point de convergence (grossi par la présence du noyau) des expansions protoplasmiques à l'origine du cylindraxe. » La forme de cette « confluence protoplasmique », ainsi que l'épaisseur de la couche périnucléaire, dépendent de deux conditions : de la présence ou de l'absence des éléments chromatiques, du nombre et de la situation des expansions dendritiques. Si la cellule manque de granules chromatiques, la zone périnucléaire est mince, réduite qu'elle est au protoplasma conducteur ; si, au contraire, ces blocs sont abondants, le corps cellulaire acquiert une grande étendue, et c'est pourquoi ces corpuscules se déposent là où ils ne troublent pas la transmission des courants, dans les angles formés par la convergence des expansions protoplasmiques sur le cylindraxe. Si ces masses chromatophiles faisaient défaut, tous les trajets ou canaux de conduction intracellulaires apparaîtraient, dans toutes les cellules (motrices, de Purkinje, etc.), convertis en appendices dendritiques. Il en résulte que, du point de vue fonctionnel, il importe de

---

(1) *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (Madrid, 1899), 444.

distinguer deux espèces de corps cellulaires : « 1° corps purement *vecteurs* par défaut d'arborisations cellulaires, ne représentant qu'une tige protoplasmique de volume augmenté par la présence du noyau (cellules bipolaires olfactives et rétiniennes, cellules ganglionnaires de la rétine, etc.) ; 2° corps *vecteurs* et *récepteurs*, c'est-à-dire environnés d'arborisations nerveuses terminales (cellules de PURKINJE, cellules du ganglion ventral de l'acoustique, cellules nerveuses motrices, etc.). Quand ces derniers n'émettent que sur un côté toutes leurs expansions dendritiques, ils représentent en réalité un prolongement récepteur robuste, grossi et déformé par la présence du noyau (cellules de PURKINJE, cellules unipolaires des ganglions spinaux, spongioblastes de la rétine, etc.). En un mot, la présence du noyau, sur tel ou tel point de l'appareil de réception, ne modifie en rien le caractère physiologique, constamment *axipète,* du segment où il est contenu. » RAMON Y CAJAL croit donc d'autant moins nécessaire l'intervention du corps cellulaire dans la transmission de tout courant reçu et propagé par les prolongements dendritiques.

Dans l'*échelle animale,* la cellule nerveuse représente une série de termes évolutifs qui correspondent aux phases que traverse le neuroblaste de HIS dans l'*ontogénie* des mammifères. Ici comme pour d'autres tissus organiques, l'*ontogénie résume,* avec quelques variantes, la *phylogénie.*

Voici les phases évolutives ontogéniques qui correspondent aux stades phylogéniques.

1re Phase. *Neuroblaste de* HIS. Cellule piriforme, lisse, pourvue d'une seule expansion, qui se termine par une arborisation libre plus ou moins étendue, que la cellule se trouve dans le système nerveux central ou en dehors. On rencontre cette forme primordiale dans les *ganglions des invertébrés* (RETZIUS, LENHOSSEK) ;

2e Phase. Le neuroblaste se modifie ; outre le cylindraxe, qui s'étend, quelques prolongements protoplasmiques sortent du neurone. Cette *phase,* quelque peu modifiée, constitue la *morphologie permanente* de beaucoup de cellules nerveuses de la moelle et de l'encéphale des *poissons* et des *batraciens* : elle se caractérise surtout par l'absence d'expansions protoplasmiques basales et latérales du corps cellulaire :

3e Phase. De nouvelles expansions protoplasmiques très ramifiées sortent du neuroblaste ; la cellule nerveuse acquiert sa forme étoilée ou pyramidale. A cette dernière étape ontogénique du neuroblaste correspondent la plupart des éléments nerveux de l'encéphale et de la moelle des *oiseaux* et des *mammifères* (1).

Ainsi, au cours du développement *ontogénique* des neurones, ce sont les voies principales et directes, les cylindraxes et leurs arborisations libres, qui se montrent dès le commencement ; les voies collatérales et indirectes n'apparaissent que plus tard. RAMON Y CAJAL a fait voir comment un ordre parallèle à celui de l'évolution *phylogénique* existe sans doute dans la différenciation des espèces physiologiques des neurones : 1° les

---

(1) S. RAMON CAJAL. *Consideraciones generales sobre la morfologia de la célula nerviosa* (1894). Madrid, N. Moya, 1895.

appareils *moteurs* et *sensitifs* se forment d'abord (cellules des cornes antérieures et cellules bipolaires rachidiennes à conduction directe) ; 2° plus tard se différencie l'appareil d'*association* (cellules des cordons ou cellules funiculaires de la moelle et du cerveau). « De tous les systèmes d'association, le cérébral, qui doit être considéré phylogéniquement comme le plus récent, est aussi le dernier à apparaître. Tel a dû être aussi l'ordre de formation des appareils nerveux centraux dans la série phylogénique. Les premiers invertébrés doués d'un système nerveux distinct ne devaient posséder que des voies sensitives et motrices, reliées entre elles par des cylindraxes directs. Plus tard se développèrent les expansions collatérales et des voies d'association s'établirent au moyen de cellules ressemblant à celles des cordons ou cellules funiculaires de la moelle : une seule impression sensible peut exciter ainsi les actions coordonnées d'un grand nombre de neurones moteurs. La *sélection* et l'*hérédité* renforcèrent et conservèrent une disposition qui ne pouvait qu'être *utile* à l'animal ».

Tous les éléments nerveux des mammifères n'ont pas traversé les phases de cette évolution.

A côté des cellules arrivées au terme de la différenciation morphologique, CAJAL cite parmi celles qui correspondent à des états ontogéniques plus arriérés : les *spongioblastes* de la rétine, les *grains* du bulbe olfactif, les *cellules spéciales* de la première couche cérébrale (1) où ne s'est pas encore réalisée la différenciation en prolongements protoplasmiques et cylindraxiles, enfin, les cellules de PURKINJE du cervelet et les grains de la *fascia dentata,* où les expansions basales protoplasmiques ne sont pas encore développées. Les vertébrés supérieurs eux-mêmes possèdent des éléments nerveux réfractaires à tout progrès morphologique : « Ces cellules appartiennent aux appareils sensitifs et sensoriels, et toutes présentent, d'une manière caractéristique, une expansion périphérique, en conflit avec le monde extérieur, dont elle collecte les ébranlements, un prolongement central, pénétrant dans les centres nerveux, aux neurones endogènes desquels il transmet la vibration reçue : ce sont les cellules bipolaires olfactives, acoustiques, unipolaires (bipolaires) des ganglions spinaux, etc. »

Chez tous les vertébrés, depuis les poissons jusqu'à l'homme, les organes des sens, sensitifs ou sensoriels, ne diffèrent que par le nombre et les rapports dans l'espace des éléments nerveux : le degré de différenciation morphologique de ces neurones demeure le même. Au contraire,

---

(1) Cf. RAMON Y CAJAL. *Las células de cilindro-eje corto de la capa molecular del cerebro.* Rev. trim microgr., 1897.

de tous les organes du système nerveux le cerveau antérieur est celui dont les cellules nerveuses semblent avoir subi la plus profonde différenciation morphologique. Plus on s'élève dans l'échelle des vertébrés, plus la cellule pyramidale se dispose en couches plus nombreuses, plus le nombre et la longueur de ses expansions protoplasmiques et des collatérales de ses axones augmentent : « Il existe donc un système nerveux — le système nerveux sensitif et sensoriel (ganglions périphériques), — qui a terminé son développement de différenciation et qui ne s'accroît plus qu'en extension (progrès numérique (1), et un autre système nerveux, — le système nerveux cérébral — qui continue à progresser dans la série animale non seulement quant à l'étendue de ses surfaces et au nombre de ses éléments, mais quant à la différenciation morphologique de ces éléments. »

Entre les organes imperfectibles, tels que les *ganglions sensitifs et sensoriels*, et les organes essentiellement en progrès, tels que l'*écorce cérébrale*, la *moelle épinière*, la *moelle allongée* et le *cervelet* occupent le milieu : ils s'accroissent bien plus, dans la série, par l'étendue de leur masse que par la différenciation de leurs neurones. Le progrès d'une cellule nerveuse se manifeste, dans la série phylogénique, par l'apparition de nouvelles expansions protoplasmiques. Sa différenciation morphologique s'élève lorsque, de son cytoplasma et de sa tige protoplasmique naissent des nouveaux prolongements dont la situation ou la direction réalise pour l'organe des conditions de contact plus nombreuses avec un groupe d'éléments nerveux plus étendu. Mais c'est dans ces conditions seulement qu'un progrès existe. La bipolarité ou l'unipolarité des cellules des ganglions spinaux n'implique, par exemple, ni progrès, ni rétrogradation : « L'unipolarité des *cellules sensitives* des vertébrés supérieurs représente peut-être, estime Cajal, une pure adaptation locale, soit en vue d'une économie d'espace, soit à l'effet d'améliorer des conditions trophiques ». Mais la *cellule pyramidale* de l'écorce cérébrale qui, encore dépourvue de ramescences basales et descendantes chez les batraciens, et n'envoyant qu'un maigre panache vers la périphérie, se couvre de prolongements protoplasmiques de toute sorte chez les vertébrés supérieurs est certainement en progrès, depuis les reptiles jusqu'aux mammifères. Même progrès, quoique moins accusé, dans les *cellules mitrales* du bulbe olfactif : chez les poissons, ces neurones ne possèdent que des expansions destinées à entrer en contact avec les fibres olfactives ; chez les mammifères, outre ces prolongements, d'autres se montrent qui se terminent librement, en pleine substance grise, sans contracter de rapport avec les glomérules. De même encore pour les *grains du bulbe olfactif* : les expansions basales de ces neurones, qui manquent chez les poissons, les batraciens et les reptiles, constituent chez les mammifères une disposition anatomique constante.

La différenciation du *cylindraxe* du neurone est également, comme celle du prolongement protoplasmique, d'autant plus avancée que le vertébré considéré est plus élevé dans

(1) Cajal note ici que tous les grands mammifères, l'éléphant, le bœuf, etc., possèdent dans leurs ganglions spinaux ou sensitifs, dans leurs rétines, dans leur bulbe olfactif, dans la moelle, le bulbe et les ganglions centraux du cerveau, un nombre d'éléments nerveux beaucoup plus considérable que l'homme.

la série. Chez les poissons, les batraciens, les reptiles, il est toujours laborieux de distinguer les expansions protoplasmiques du prolongement nerveux ou fonctionnel. L'étendue et le nombre des ramifications collatérales des cylindraxes des cellules pyramidales du cerveau présentent le même progrès depuis les batraciens jusqu'aux mammifères.

« Le *volume* des cellules nerveuses n'est en rapport ni avec la longueur du cylindraxe, ni avec l'extension des rameaux protoplasmiques, ni avec la nature de l'acte physiologique de ces cellules nerveuses », écrit Cajal. Il paraît toutefois probable que le *volume du corps cellulaire dépend du diamètre du cylindraxe,* et surtout du *nombre* et de la *force* des *ramifications collatérales* et *terminales* du cylindraxe.

Ainsi les cellules de Golgi du cervelet, les grandes cellules horizontales de la rétine, les cellules motrices des cornes antérieures, présentent une riche arborisation cylindraxile qui les met en rapport avec un groupe considérable d'éléments ; les grains du cervelet, au contraire, présentent une arborisation nerveuse terminale des plus simples (fibres parallèles de la couche moléculaire). Il en est de même des petites cellules suivantes : les grains de la *fascia dentata,* les bipolaires olfactives, les corpuscules du lobe optique des batraciens et des reptiles, etc. Bref, « le *volume* d'une cellule nerveuse est probablement proportionnel au nombre de corpuscules nerveux avec lesquels son arborisation nerveuse *terminale* et *collatérale* entre en relation. »

La *richesse* et la *longueur* des *expansions protoplasmiques* paraît aussi dépendre du *nombre des fibrilles nerveuses terminales avec lesquelles chaque cellule soutient des rapports de contiguïté.* Ainsi, les spongioblastes de la rétine, les cellules unipolaires des ganglions spinaux, qui manquent de prolongements protoplasmiques, au moins du type commun, ne sont en rapport qu'avec une seule espèce de fibres nerveuses. Au contraire, les cellules de la moelle épinière, du cervelet, du cerveau, pourvues de riches dendrites, reçoivent les courants d'un grand nombre de fibrilles nerveuses. Cajal remarque à ce sujet, comme un fait très significatif, que tout corps cellulaire dont la quantité de protoplasma est des plus minimes, manque aussi d'arborisations protoplasmiques péri-cellulaires (grains du cervelet, grains du bulbe olfactif, cellules bipolaires de la rétine, grains ou corps des cellules visuelles).

Comment s'effectue le contact entre les expansions protoplasmiques, ou le corps cellulaire, et les arborisations terminales ou collatérales des cylindraxes ? Il ne paraît pas être *direct.* Comme pour les plaques motrices des muscles, « il existe probablement une substance conductrice intermédiaire, grâce à laquelle peuvent exercer leur action sur la cellule les arborisations nerveuses. » Il en est ainsi, par exemple, pour les *corbeilles terminales* qui entourent les corps des cellules de Purkinje, dont quelques ramifications nerveuses sont à quelque distance de la surface du corps cytoplasmique : quelques-unes de ces ramifications s'appliquent à l'origine du cylindraxe, quelles accompagnent sur un certain trajet, ce qui indique, remarque Ramon y Cajal, que la portion initiale du cylindraxe possède, relativement à la transmission des courants, la valeur du corps cellulaire ou de ses expansions protoplasmiques.

Le volume des cellules nerveuses diminue au fur et à mesure qu'on descend dans la série des vertébrés. Mais cette diminution n'est pas exactement proportionnelle à la taille de l'animal, elle ne va pas constamment de conserve avec le degré de simplicité de l'arborisation protoplasmique. Il existe comme une réduction de tout l'axe cérébro-spinal. Il en résulte que le cerveau des vertébrés inférieurs n'est pas aussi rudimentaire que le ferait croire la petitesse relative de son volume, et qu'entre des cerveaux de dimensions aussi différentes que ceux d'un lapin, d'un cobaye ou d'une souris, les différences intellectuelles sont pour ainsi dire nulles.

« Le nombre des cellules nerveuses de l'encéphale et de la moelle est en rapport avec le nombre des éléments musculaires, glandulaires et sympathiques sur lesquels doit s'exercer l'influence de ces neurones, de même qu'avec la nature des surfaces épithéliales dont ils reçoivent les courants par l'intermédiaire des nerfs sensitifs et sensoriels. Chez les animaux d'intelligence semblable, mais de taille différente, le plus grand, celui qui possèdera le plus grand nombre d'éléments musculaires et épithéliaux, possèdera aussi une plus grande quantité de cellules nerveuses, ce qui se traduira d'ordinaire par une augmentation de volume et de poids de la substance grise. En effet, à une plus grande surface cutanée, olfactive ou rétinienne doit correspondre un nombre plus considérable de cellules sensitives et sensorielles, ainsi qu'un nombre plus grand de neurones du système nerveux central destinés à recevoir et à conserver les excitations centripètes. Corrélativement à cette richesse de cellules sensitives et sensorielles centrales, la voie pyramidale devra être plus développée et le nombre des cellules motrices grandir d'une manière proportionnelle. L'énorme développement des lobes optiques des reptiles et des oiseaux, du bulbe olfactif du chien, dérive respectivement de la richesse des cellules ganglionnaires de la rétine et du nombre considérable des cellules bipolaires de la muqueuse olfactive.

« Cette corrélation entre le nombre des cellules sensitives et sensorielles et celui des cellules perceptives de la substance grise explique ce fait singulier bien connu : dans une même espèce d'animaux, ceux de plus grande taille, et partant de cerveau volumineux, ne sont pas toujours les plus intelligents. En effet, ce développement excessif de l'écorce grise n'intéresse, chez ces individus, que les *cellules psychomotrices* ainsi que celles *des centres sensitifs et sensoriels* où se distribuent les courants projetés de la périphérie, si bien qu'il ne reste qu'une portion relativement limitée de la substance corticale pour loger les *neurones d'association,* lesquels représentent vraisemblablement le substratum anatomique des activités les plus élevées du cerveau » (p. 8). On conçoit ainsi, et c'est là une hypothèse des plus probables, comment, dans des cerveaux humains de poids et de volume à peu près égaux, l'inégale richesse des *collatérales cylindraxiles* et des *expansions dendritiques* de ces neurones d'association peut expliquer l'inégalité fonctionnelle, c'est-à-dire intellectuelle, que ces cerveaux présentent, voire la puissance mentale remarquable d'encéphales de volume moyen ou inférieur à la normale.

L'histogénie enseigne que, durant l'époque embryonnaire et dans les premières années de la vie extra-utérine, les expansions protoplasmiques, aussi bien que les collatérales nerveuses, se ramifient, s'étendent et se compliquent : Ramon y Cajal considère donc comme très vraisemblable que le travail mental continu, dans un ordre d'études, incite au développement de ces expansions protoplasmiques et de ces collatérales nerveuses, ce qui a pour effet d'augmenter et d'étendre le système des associations entre les cellules d'une région déterminée du cerveau. Le mécanisme de cet accroissement ressemblerait peut-être à celui de l'hypertrophie musculaire : « Sous l'influence de l'attention, profonde et continue, fixée sur un ordre d'idées et de sensations, le territoire encéphalique correspondant serait le siège d'une *hyperhémie physiologique,* et le protoplasma nerveux accroîtrait sa masse du fait d'une assimilation plus active. Mais, comme les cellules nerveuses ont perdu la faculté de se

multiplier, l'hypertrophie se traduirait exclusivement par l'allongement de leurs prolongements cellulaires, ou peut-être par la poussée de nouveaux prolongements ».

Les « expansions néoformées » s'orienteraient dans la direction même des courants nerveux dominant ou dans le sens où l'association cellulaire, à l'effet de devenir moins imparfaite, est l'objet des sollicitations réitérées de la volonté. « Que l'*attention* soit liée à une augmentation de la quantité de sang irriguant la substance grise, c'est un fait démontré par les expériences de Mosso ; c'en est un autre, que l'attention soutenue, dans un ordre déterminé d'observations, suscite des perceptions toujours plus nettes et plus lumineuses ».

En supposant que, par l'effet de l'exercice, les expansions protoplasmiques et les branches collatérales préexistantes pouvaient prendre non seulement un plus grand développement, mais que de nouvelles formations de ce genre apparaîtraient, chez l'adulte, dans les régions les plus actives et les plus différenciées de l'écorce cérébrale, Ramon y Cajal a proposé à son tour une hypothèse qui est, à coup sûr, plus hardie que celle de Tanzi (1).

Nous ne pouvons qu'imaginer d'une manière abstraite les corrélatifs purement mécaniques de la persistance de nos souvenirs, de la cohésion de nos associations, de la haute perfection de nos coordinations motrices. Considérons au contraire le système nerveux comme « un agrégat de neurones distincts, d'individus indépendants », et, avec Kölliker, Cajal, Waldeyer, Van Gehuchten, von Lenhossek, Retzius, avec Golgi lui-même, admettons que l'onde nerveuse se propage par *contiguïté*, « en franchissant l'intervalle microscopique qui sépare un neurone d'un autre neurone : l'explication de tous ces faits apparaîtra relativement simple ». Les sciences biologiques démontrent qu'un courant nerveux, comme tout autre acte fonctionnel, provoque toujours, par son passage, une augmentation des phénomènes de nutrition : celle-ci devient plus active dans les neurones traversés par le courant, ainsi que dans le muscle qui travaille. Si, comme dans le muscle, la nutrition est accompagnée d'hypertrophie, et si l'augmentation de volume a lieu ici dans le sens de la longueur du neurone, « l'exercice de l'acte fonctionnel diminuera la distance qui sépare les neurones solidairement engagés dans cet acte et qui sont en contiguïté ; si les répétitions de l'acte se succèdent en des temps suffisamment rapprochés, les causes d'accélération de la nutrition croîtront d'autant, et le système des neurones impliqués dans l'acte fonctionnel tendra toujours à former un tout plus cohérent, une sorte d'unité anatomique, dont les intervalles interneuroniques seront réduits à un minimum d'éloignement peut-être indispensable à l'exercice régulier de la fonction. Si l'on estime que la distance qui sépare l'arborisation terminale d'un neurone des expansions protoplasmiques du neurone suivant constitue une *résistance* » dont l'onde nerveuse ne saurait triompher sans *travail* (*travail*,

(1) Eug. Tanzi. *I fatti e le induzioni nell'odierna istologia del sistema nervoso*. Riv. sperimentale di fren. e di med. leg., t. XIX, p. 51 (1893).

ajouterais-je, qui est peut-être la condition de la conscience), il suit que « la conductibilité du système nerveux doit être en raison inverse des intervalles interneuroniques ». L'exercice, en tendant à diminuer ces intervalles, doit donc augmenter la conductibilité des neurones, et, partant, leur capacité fonctionnelle.

Les divers états et degrés des mémoires et de l'association, acquis au cours de l'âge et par l'exercice, tous les changements stables et progressifs de nos fonctions psychiques et de nos centres nerveux, seraient ainsi réductibles à de simples *rapports d'intervalles interneuroniques*, ou de *longueur des neurones*. Que l'accroissement de ces organites élémentaires, provoqué par l'activité fonctionnelle, ait bien lieu dans le sens de la *longueur*, Tanzi croit pouvoir l'établir par les faits d'observation suivants : 1° A partir du moment où il sort du neuroblaste, le prolongement nerveux cylindraxile va graduellement en s'allongeant dans la direction *cellulifuge* ; 2° chez l'embryon et le fœtus, les arborescences libres des prolongements des neurones sont, en réalité, plus libres et séparés par des intervalles plus espacés que plus tard ; 3° avec le temps seulement les collatérales sortent des prolongements nerveux et les dendrites apparaissent, condition de nouveaux contacts. Or, l'exercice physiologique, déterminant entre neurones distants à l'origine de plus étroites connexions, agirait dans le même sens que l'évolution naturelle : il multiplierait et resserrerait les rapports existant entre les ramifications des neurones.

Telle est l'hypothèse de Tanzi. C'est, il nous semble, une des plus simples qu'on ait proposées des phénomènes de l'intelligence. Non seulement elle ne s'écarte pas de l'anatomie ; elle appelle et suscite l'idée de nouvelles recherches. Il serait, par exemple, très intéressant de vérifier si, sur des animaux de différents âges, les distances interneuroniques ne diminuent pas en effet avec le temps et l'exercice. Cette hypothèse montre comment des actes habituels, devenus en quelque sorte automatiques, finissent par être *inconscients* : en ces cas, l'intervalle séparant les neurones engagés dans la même activité fonctionnelle a été, semble-t-il, si réduit, que le courant nerveux n'a plus à triompher de cette résistance qui pourrait bien être, je le répète, la condition de l'activité *consciente*. Cette hypothèse explique enfin ces limites infranchissables, différentes pour chaque individu, que rencontrent, dans l'organisation, tôt ou tard, nos aptitudes psychiques. Il existe, pour chaque être, « un coefficient personnel de perfection qu'il ne saurait dépasser. » Cette limitation imposée au perfectionnement progressif des fonctions supérieures du système nerveux, on peut l'expliquer encore en admettant ou que les neurones intéressés dans ces fonctions sont soudés entre eux ou qu'ils ont déjà atteint, du fait de leur croissance, le minimum d'écart compatible avec leur activité physiologique. Et ce que Tanzi dit ici des individus d'une même espèce, on peut, croyons-nous, l'étendre aux divers embranchements, classes, ordres et familles de Vertébrés et d'Invertébrés.

Obersteiner s'est déclaré contre cette théorie avec une certaine

force (1). Il nous faut néanmoins parler de quelques vues profondes du savant histologiste espagnol sur l'amiboïsme des cellules nerveuses, sur les causes de la migration des neurones et de l'orientation observée dans la direction de leur croissance. Le problème, posé par HENSEN (1864-1876), subsiste toujours. En vertu de quelles forces les prolongements nerveux, les axones des neuroblastes dans les commencements de leur histogenèse, se dirigent-ils pour la plupart sans faillir, au milieu de tant d'obstacles et de carrefours, dans le droit et bon chemin qu'ils doivent suivre pour arriver à leur destination ? On devait, suivant HENSEN, aller jusqu'à pourvoir d'une sorte de conscience l'extrémité de la fibrille nerveuse dans sa marche infaillible vers l'organe éloigné, épithélial ou mésodermique, auquel elle doit se rendre. Les difficultés ont paru si grandes à HENSEN qu'il avait renoncé à l'hypothèse de KUPFFER, d'après laquelle toute fibre nerveuse n'est qu'un prolongement d'une cellule nerveuse.

Selon W. HIS, qui s'est fort préoccupé de cet important problème, de cette « grande énigme », comme l'appelle RAMON Y CAJAL, les lacunes du réticulum du myélospongium détermineraient, dans les organes centraux, le trajet des fibres nerveuses au stade embryonnaire : le prolongement nerveux, l'axone du neuroblaste progresserait ainsi, soit dans la moelle, soit dans les tissus mésodermiques, dans la *direction de la moindre résistance* : l'accroissement du neuroblaste aurait lieu dans ce sens. Un nerf périphérique en croissance suivrait donc sa direction initiale aussi longtemps qu'il ne serait ni dévié, ni écarté de sa route par des vaisseaux sanguins, des cartilages, etc. ; mais ces obstacles ne seraient que des accidents fortuits ; autrement, les fibrilles nerveuses suivraient inévitablement de fausses routes (2). La disposition des tissus serait donc préordonnée en vue de la direction des fibres nerveuses en voie d'accroissement, et cela, en vertu sans doute de quelque *harmonie préétablie* (3).

HIS junior ajoute une cause nouvelle à cet essai d'interprétation : les cellules nerveuses embryonnaires émigreraient toujours dans les régions où les conditions de la nutrition sont

---

(1) *Die neueren Forschungen auf dem Gebiete der Histologie des Centralnervensystems.* Wiener med. Presse, 1895.

(2) Et c'est bien ce qui semble arriver assez souvent. CAJAL parle des *fausses routes* des cônes d'accroissement des neuroblastes et des *erreurs* évolutives qui en résultent sans doute (*caminos falsos de los conos y errores evolutivos*). Très souvent, il a observé des neuroblastes funiculaires et commissuraux fort en retard, dévoyés, très éloignés de leur destination. Les obstacles rencontrés sont considérables, dit-il, et de nombreux indices l'inclinent à croire que ceux-ci ne sont pas toujours franchis. Peut-être ces neuroblastes égarés finissent-ils pourtant par arriver. D'observations suffisantes, il n'en existe pas encore à ce sujet. Mais CAJAL n'estime pas impossible que, du fait de ces errements, certains neuroblastes ou dégénèrent ou réalisent des connexions anormales. Cette doctrine, étendue non plus seulement à la moelle épinière, mais à un centre nerveux infiniment plus complexe, au cerveau humain, où ces sortes d'erreur doivent être bien plus communes, « seraient capables d'expliquer nombre d'aberrations de l'activité mentale chez beaucoup d'hommes » *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (Madrid, 1899), 518-9.

(3) W. HIS, *Die Entwickelung der ersten Nervenbahnen beim menschl. Embryo.* Arch. f. Anat. u. Phys., 1887, 376.

les plus favorables (1). Mais alors même qu'on comprendrait comment, à ce stade de développement où la lymphe baigne également tout le germe, il pourrait se former des centres de nutrition distincts, cette hypothèse, Lenhossek en a fait la remarque, n'expliquerait que la cause indirecte, non la cause directe, du processus d'orientation initial de la cellule nerveuse et de son prolongement nerveux en voie de croissance. Certes, aussi bien dans ses processus de croissance histogénique que régénératrice, l'axone puise directement des matériaux de nutrition dans les milieux qu'il traverse ; une certaine influence de la cellule d'origine sur son prolongement nerveux, sans doute sous forme de stimulation, paraît toutefois nécessaire pour que ces matériaux soient assimilés. La doctrine de la croissance interstitielle du prolongement nerveux trouve encore un appui dans le mode de développement des grains du cervelet (Cajal, Lugaro).

Michel von Lenhossek se représente le cône d'accroissement de Cajal comme une masse de protoplasma qui, par une sorte de *mouvement amiboïde*, se fraye un passage à travers les tissus (2). Chez l'embryon on rencontre surtout ces fibrilles en marche dans la commissure antérieure de la moelle, parce que le passage y est particulièrement difficile et que le prolongement nerveux y est forcé de faire halte pour quelque temps ou de ralentir son mouvement de progression.

Rappelons encore l'hypothèse de H. Strasser sur l'orientation de l'axone du neuroblaste vers les muscles et les organes périphériques des sens : sous l'influence d'un état électro-négatif du myotome, le pôle externe du neuroblaste s'électriserait positivement et serait attiré vers le muscle. L'accroissement et la marche du cône de l'axone moteur vers les plaques musculaires résulteraient donc d'une attraction due à des processus électromoteurs. Strasser a étendu cette théorie aux neurones périphériques sensitifs et moteurs ainsi qu'à ceux du sympathique (3). Mais une pareille hypothèse n'expliquerait tout au plus que l'accroissement du faisceau moteur dans la direction du myotome, non le fait des rapports constants de fibres nerveuses déterminées avec certains éléments déterminés du muscle. A cette objection de Lenhossek, Cajal ajoute que rien n'autorise à croire qu'il existe une différence de potentiel dans les neurones radiculaires et le myotome.

L'hypothèse de Ramon y Cajal, quoique surtout de nature chimiotaxique, est aussi en partie mécanique. Elle s'appuyait dès l'origine sur les phénomènes de chimiotaxie qu'ont fait connaître, après les travaux de Max Schultze, de Kühne, de Hofmeister, d'Engelmann, de Max Verworn, les observations et expériences de W. Pfeffer, Rosen, Massart et Bordet, Gabritschewsky, Buchner, Metchnikoff (4). Si l'on admet, estime Cajal, dans le neuroblaste, comme on le constate chez les leucocytes, l'existence d'une sensibilité chimiotaxique, on doit supposer que ces organites sont

---

(1) W. His junior. *Die Entwickelung des Herznervensystems bei Wirbelthieren*. Abhandl. d. m.-ph. Kl. d. kg. Sächs. Ges., XVIII, 1893.

(2) Lenhossek. *Der fein. Bau des Nervensystems*, 94.

(3) *Alte u. neue Probleme der entwickelungsg. Forschung*... Ergebn. d. Anat. u. Entwickelungsg. I, 1892.

(4) Cf. sur ces travaux et sur les réactions du protoplasma des organismes unicellulaires (orientation des *mouvements amiboïdes*, chimiotropisme, etc.) aux excitations de nature chimique, Jules Soury, *Psychologie physiologique des Protozoaires*. Rev. philos., XXXI, 1891, 1 sq.

capables de mouvements amiboïdes et que, sous l'influence de certaines substances, sécrétées par certaines cellules nerveuses, épithéliales et mésodermiques, les mouvements des neuroblastes, et en particulier l'orientation de leur prolongement nerveux, doivent être commandés par la situation topographique des corpuscules sécréteurs (1). Dans l'hypothèse des propriétés chimiotaxiques du neuroblaste et de son prolongement, plusieurs cas se présentent que CAJAL a considérés relativement au mode d'accroissement et d'orientation des neurones embryonnaires.

I. *Déplacement des corps cellulaires.* La migration de ces unités nerveuses s'observe dans plusieurs cellules nerveuses embryonnaires de la moelle épinière, surtout dans les grains primordiaux du cervelet et dans les neurones sensitifs des ganglions spinaux. Dans ces cas, il faudrait admettre soit l'existence d'une *chimiotaxie positive*, orientant les mouvements des corps cellulaires vers les régions où ils se dirigent, soit celle d'une *chimiotaxie négative* qu'éprouveraient ces corpuscules pour certaines matières sécrétées au niveau des prolongements nerveux, et qui forceraient ces cellules à fuir et à s'éloigner de leur cylindraxe jusqu'à la rencontre de quelque obstacle mécanique qui les arrêterait. II. *Croissance des axones sensitifs ou moteurs dans la direction de certains corpuscules.* L'accroissement centrifuge des fibres nerveuses vers les corpuscules épithéliaux et les fibres musculaires est, dit RAMON Y CAJAL, très difficile à expliquer, même dans l'hypothèse de la chimiotaxie, à cause des distances, vraiment énormes, que les cylindraxes ont à franchir : ce n'est en quelque sorte qu'au terme du voyage, lorsque les fibres nerveuses atteignent le territoire des cellules à proximité desquelles elles doivent s'arboriser, que pourraient agir les substances sécrétées par les cellules épithéliales, glandulaires, musculaires, etc. III. *Orientation réciproque des cellules nerveuses associées.* Une chimiotaxie positive croisée entre l'axone d'un neurone et l'arborisation protoplasmique d'un autre expliquerait la rencontre des éléments nerveux tendant à former des couples, à établir des connexions par contiguïté entre deux neurones. Ainsi, les terminaisons centrales des cônes et des bâtonnets entrent en rapport de contiguïté avec les panaches ascendants des cellules bipolaires de la rétine, les ramifications des cellules ganglionnaires de la rétine avec les prolongements descendants de quelques spongioblastes, etc. IV. *Croissance, en des directions différentes, des prolongements protoplasmiques et du cylindraxe d'une même cellule nerveuse.* L'orientation du prolongement nerveux descendant des cellules de PURKINJE pourrait être déterminée par la présence de certaines substances sécrétées dans les régions où se termine cet axone et agissant sur la sensibilité *chimiotaxique positive* de ses fibrilles. Une fois parvenu à sa destination, ce prolongement axile demeure en repos, ce qui correspondrait à un état de *chimiotaxie indifférente*. Il n'en est pas de même du corps de la cellule : celle-ci est le siège d'une *chimiotaxie positive* qui semble orienter la production exubérante de ses vastes ramures protoplasmiques vers certaines substances qui seraient sécrétées au niveau des fibres parallèles de la couche moléculaire du cervelet. Les cellules épithéliales embryonnaires et leurs membranes limitantes pourraient empêcher les *mouvements amiboïdes* de ces dendrites de pousser aveuglément jusqu'à la source chimiotropique, au lieu de suivre des directions plus en rapport avec la structure anatomique des parties.

---

(1) S. RAMON Y CAJAL. *La rétine des Vertébrés.* La Cellule, IX, 119 sq.

Semblablement, dans le cerveau, les cellules épithéliales pourraient exercer une action mécanique du même genre sur la morphologie des cellules pyramidales : la disposition en fuseau des cellules de l'épendyme et l'orientation vers la pie-mère du prolongement périphérique de ces éléments, contribueraient, abstraction faite de la chimiotaxie, à l'orientation des tiges des pyramides vers la surface de l'écorce. Mais l'apparition des branches collatérales, tant nerveuses que protoplasmiques, ainsi que la direction des cylindraxes des neurones d'association et de commissuration, ne s'expliquerait pas, selon Ramon y Cajal, par la forme et par l'orientation des cellules épithéliales du cerveau. En tout cas, disait-il, c'est « un fait très significatif que les cellules épithéliales embryonnaires des centres (moelle épinière, corne d'Ammon, cervelet, cerveau, lobe optique, etc.) aient toujours la même orientation que les cellules nerveuses primordiales ». En admettant, outre l'action mécanique de ces éléments, à ce stade de développement, l'existence, dans les neuroblastes, d'une sensibilité chimiotaxique, soit positive, soit négative, à l'égard de certains éléments, « on peut se rendre compte, dans une certaine mesure, du phénomène énigmatique de la morphologie de quelques catégories de cellules nerveuses et du fait, non moins obscur, des rapports de contiguïté qui s'établissent entre des éléments situés à de grandes distances ».

Cette hypothèse implique donc, en dernière analyse, l'existence des conditions suivantes, de nature chimique et mécanique : 1° le mode de distribution primitif des cellules épithéliales et conjonctives destinées à servir, en quelque sorte, de barrières ou de limitantes à l'accroissement, en certaines directions, des expansions des cellules nerveuses ; 2° la sécrétion, dans certaines parties différentes des centres nerveux, de substances susceptibles d'attirer ou de repousser ces cellules ou leurs prolongements, en provoquant des réactions spéciales, positives ou négatives, de leur sensibilité chimiotaxique ; 3° la suspension ou la transformation de l'état chimiotaxique de chaque catégorie d'éléments nerveux à des époques déterminées.

En dépit des objections qu'on peut faire à cette hypothèse de Ramon y Cajal, nous inclinons à croire, avec Lenhossek, qu'elle doit être provisoirement accueillie.

Telle est encore, en 1899 comme en 1892, l'opinion de l'illustre histologiste espagnol lui-même (1). Il l'a pourtant quelque peu étendue et modifiée pour l'adapter à l'histogenèse et à l'organogénie de la moelle épinière. L'accroissement des neurones reste déterminé par trois ordres de conditions : 1° par des conditions ou dispositions mécaniques influant sur la marche des axones ; 2° par des conditions chimiques, c'est-à-dire par des sécrétions de substances capables d'influer sur leur direction ; 3° par l'existence d'une sensibilité chimiotaxique, d'un amiboïsme mani-

---

(1) *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*, 3ᵉ fasc. Madrid, 1899. — Teorias explicativas del crecimiento y conexiones de las células nerviosas, 554 sq. (Communiqué en épreuves par M. le Pr Ramon y Cajal, à qui l'auteur envoie ici l'expression de sa profonde gratitude.)

festé par des réactions déterminées à certaines excitations de nature chimique.

Conditions mécaniques. — Elles ont pour objet de canaliser, d'endiguer dans un sens déterminé les mouvements amiboïdes, aveugles de leur nature, jusqu'au moment où des substances attirantes ayant été sécrétées par les *épithéliums* et les *tissus mésodermiques*, l'amiboïsme chimiotaxique entre en jeu.

2. *Sécrétion des matières attirantes. Chimiotaxie positive.* — Pour satisfaire à l'hypothèse, ces sécrétions doivent avoir lieu, non simultanément, mais successivement, dans les différents tissus embryonnaires et dès les premières phases évolutives.

La *première source chimiotaxique* déterminant vers la périphérie la marche des cônes d'accroissement, serait celle de l'extrémité externe des *spongioblastes* de His (cellules épithéliales primitives). Une *seconde source chimiotaxique* serait celle des *myotomes* et de l'*épithélium cutané*. Plus tard seulement, une fois ces deux sources taries, des substances attirantes seraient élaborées dans les neurones moteurs et funiculaires de la moelle épinière. Dans les neurones, la *phase d'attirance (fase atrayente)*, ou phase de sécrétion de matières attirantes, chimiotropiques, est fugace : elle coïncide avec la période évolutive où le corps cellulaire pousse aveuglément ses dendrites dans toutes les directions. Ces états de sécrétion temporaire se succéderaient dans un ordre rigoureux pour les diverses catégories de cellules. On s'expliquerait ainsi le mode régulier d'apparition précoce, par exemple, des racines antérieures, du cordon antérieur, etc.

3. *Sensibilité réactionnelle aux substances attirantes.* — Toutes les parties du neurone embryonnaire seraient douées de cette sensibilité : le cytoplasma, les dendrites, l'axone, avec son cône d'accroissement, où ce mode de sensibilité est à son maximum. Les dendrites représentent simplement l'effet des forces attractives exercées par d'autres cellules sur le protoplasma périsomatique. L'apparition des ramifications en axones et en dendrites a pour cause le nombre et la diversité des sources chimiotaxiques qui, simultanément ou successivement, agissent sur l'amiboïsme d'un neurone. La cellule émettra autant d'expansions qu'elle recevra de *stimuli* de ces sources. Inversement, il y aura des cas où l'énergie chimiotaxique d'une cellule nerveuse sera assez puissante pour attirer à soi un grand nombre de ramilles nerveuses appartenant à d'autres éléments nerveux.

Voilà comment s'établiraient les relations intercellulaires.

Chaque cellule est à la fois active et passive : elle attire les ramescences d'autres cellules et elle en est à son tour attirée. Toutefois ces influences

croisées, réciproques, n'existent qu'entre des prolongements hétéronymes, c'est-à-dire, d'une part, entre des dendrites et des corps cellulaires, et des axones, avec leurs collatérales, de l'autre. La différenciation de ces espèces de prolongements, — axones et dendrites — dépendrait de l'ordre dans lequel surgissent les sources chimiotaxiques. Ainsi, l'apparition de la première substance chimiotaxique dans les spongioblastes détermine la production primitive de l'axone. Bref, l'ensemble des prolongements et des connexions intercellulaires, tel qu'on l'observe dans le système nerveux adulte, est comme l'expression morphologique des innombrables voies tracées dans l'espace au cours de toute la période évolutive par les courants de substances chimiotaxiques attractives. « L'arborisation entière d'un neurone représente donc l'histoire graphique des conflits qu'a subis cet organite durant sa vie embryonnaire. » Il est vraisemblable aussi que les prolongements multiples des neurones représentent, non la totalité des influences qui ont agi sur eux, à chaque étape de leur développement, mais celles dont l'énergie a prédominé. Les attractions contemporaines et d'énergie équivalente auraient produit les bifurcations, bifurcations dont l'angle dépend de la situation respective des sources chimiotaxiques alors en activité.

Cajal applique à quelques cas particuliers d'histogenèse du système nerveux central les principes de cette théorie, entre autres à la formation des racines motrices, à la bipolarité des cellules sensitives, à la formation des collatérales de la substance blanche, à l'émigration des corps protoplasmiques, à la chimiotaxie dans l'enfance et chez l'adulte.

Formation des racines motrices. — Elle s'explique par la précocité de la phase sécrétoire du myotome et de la phase de sensibilité réactionnelle chimiotaxique des cellules des cornes antérieures : les cônes d'accroissement des axones de ces cellules sont attirés en avant avec une telle force que la résistance de la couche épithéliale externe de la moelle cède, et qu'ils se dirigent en droiture et rapidement vers les fibres musculaires. Comme il n'existe alors dans la moelle aucune source chimiotaxique, il est naturel que ce soient les neurones les plus rapprochés de cette source extérieure qui subissent son influence.

Bipolarité des cellules sensitives. — Elle résulte d'une attraction double et contraire : un pôle est attiré vers les portions externes de l'épithélium médullaire (spongioblastes), l'autre vers les corpuscules ectodermiques. Les causes mécaniques de His régularisent la marche du mouvement amiboïde.

Formation des collatérales de la substance blanche. — Une fois converti en fibre longitudinale, l'axone des cellules funiculaires ou commissurales s'éloigne de la substance grise jusqu'à ce qu'il entre dans la sphère d'action de neurones en pleine phase de sécrétion : ceux-ci attirent le cône et le modèlent en *arborisation terminale*. Ultérieurement, d'autres neurones, successivement arrivés à maturité, et échelonnés à quelque distance de la substance grise, au-dessous du trajet suivi par l'axone, l'attirent et y provoquent l'apparition de *branches collatérales*. L'émission des collatérales du cordon antérieur

résulte ainsi de la phase sécrétoire des neurones moteurs et funiculaires de la corne antérieure. De même pour les collatérales des faisceaux sensitifs : les cellules motrices agiraient d'emblée sur les fibres radiculaires postérieures ascendantes et descendantes, et cette précocité d'action expliquerait la priorité des collatérales sensitivo-motrices. Les collatérales courtes, destinées à la substance de Rolando, sont au contraire fort tardives, parce que le développement et l'établissement de la phase sécrétoire des neurones constituant cette substance sont également tardifs.

Émigration des corps protoplasmiques. — Une fois la direction et la situation des dendrites et des axones devenues fixes et stables, l'état sécrétoire cesse dans la majorité des cellules nerveuses, et, de ce fait, toute attraction chimiotaxique. Si, dans cet état de repos relatif d'un territoire nerveux, arrivent de nouveaux axones, les rapports de contiguïté déjà réalisés pour chaque neurone persisteront ; mais, avec l'unique protoplasma indifférencié qui lui reste, c'est-à-dire avec le protoplasma du corps cellulaire, le neurone ira à l'encontre des axones envahisseurs, soit en poussant de nouveaux prolongements dendritiques, soit par un déplacement d'ensemble de son cytoplasma qui, progressant à la manière d'une expansion protoplasmique géante, entrera en contact avec les arborisations axiles de ces neurones. C'est ce qui a lieu dans le cervelet lorsqu'apparaissent dans la couche des grains les fibres moussues : les corps des grains superficiels descendent et s'approchent des arborisations terminales de ces fibres. Il en est sans doute ainsi également dans les ganglions spinaux quand s'y arborisent les fibrilles du grand sympathique dans les zones superficielles de ces ganglions. C'est peut-être à cause de l'absence de pareilles énergies chimiotaxiques tardives que les cellules bipolaires olfactives, celles des ganglions cochléaire et vestibulaire, celles de la rétine, bref, que tous les corpuscules des organes périphériques des sens qu'aucune arborisation péricellulaire n'environne conservent cette forme inférieure dans l'organisme adulte.

Chimiotaxie de l'enfant et de l'adulte. — L'évolution morphologique du neurone terminée, la sensibilité chimiotaxique et la production des substances attirantes subissent un arrêt ou sont fort diminuées. Ramon y Cajal croit pourtant possible que, même chez l'adulte, un travail fort intense de certains neurones serait capable de rétablir en partie la sécrétion des substances qui avaient déterminé les phénomènes de chimiotaxie et la production des dendrites et des arborisations terminales des axones. Un amiboïsme « lent », qu'il oppose à l'amiboïde « rapide », c'est-à-dire primitif, des neurones, créerait ainsi, en renforçant les voies de connexions intercellulaires préexistantes, et même en provoquant des associations entièrement neuves, des conditions progressives, plus parfaites, de structure et d'adaptations fonctionnelles. Cet amiboïsme lent ne cesserait que chez le vieillard.

« En résumé, quoique la théorie chimiotaxique explique suffisamment bien l'ontogénie du système nerveux, on ne doit point la tenir pour une doctrine définitive, mais pour une manière commode de synthétiser l'ensemble des faits histogéniques. Nous n'oublions pas, ajoute Cajal, que cette hypothèse ne s'appuie que sur des suppositions (sécrétion de matières attirantes, sensibilité chimiotaxique des neurones, apparition successive de l'état sécrétoire) et qu'alors même qu'on pourrait l'estimer vraie, le problème cardinal de l'ontogénie du système nerveux se dresserait toujours devant nous, avec ses insurmontables difficultés. Il semble qu'avec cette hypothèse nous ayons éclairé l'antre ténébreux ; en réalité nous n'avons fait qu'en explorer l'entrée d'où nous apparaissent ses noirs et profonds abîmes. Quelles causes produisent les dispositions mécaniques qui canalisent en quelque sorte et endiguent les courants amiboïdes ? Pourquoi les phases de sécrétion de substances chimiotaxiques sont-elles liées à certaines conditions de temps et de situation des neurones

dans l'espace? Pourquoi la sensibilité chimiotaxique de ces éléments est-elle suspendue ou diminuée à certaines époques déterminées ? (1) »

Ce problème est un de ceux qui attendent leur solution. Il y en a bien d'autres en biologie ; CAJAL signale encore en particulier ceux-ci : le problème de l'origine de la vie, le problème de l'hérédité et de l'évolution des êtres vivants, le problème de la structure et de la composition chimique des neurones.

« Le système nerveux représente le dernier terme de l'évolution de la matière vivante. » C'est par ces paroles que s'ouvre le grand traité de S. RAMON Y CAJAL, dont le monde savant, et qui pense, attend les derniers chapitres, consacrés à l'écorce du télencéphale, *El sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (2). Au point de vue, déjà ancien, de la téléologie mécanique, le système nerveux apparaît comme « un appareil de perfectionnement » destiné à recueillir les excitations du monde extérieur, à les distinguer et à les classer, ainsi qu'à assurer aux mouvements plus de rapidité, d'étendue et de précision en éliminant le plus possible les réactions inutiles ou préjudiciables à l'être vivant.

Qu'on imagine un animal quelconque dépourvu de système nerveux central. Après chaque excitation d'un point limité de la peau, on verra entrer en contraction un groupe de fibres musculaires sous-jacentes. Mais comme il n'existe pas de communication entre ce point de l'épiderme et d'autres groupes musculaires éloignés, toute réaction motrice d'ensemble de ces muscles, et partant de l'animal, sera impossible. Il est de toute évidence que, pour la quête des aliments et la défense de l'animal, des réactions étendues, énergiques et coordonnées, de toutes les parties de son corps seront plus efficaces, quant à ces fins, qu'une contraction musculaire isolée en réponse à une stimulation localisée d'un point de la peau. « Cet exemple suggère l'idée que *le système nerveux représente une différenciation de l'épiderme* ». Cette idée implique l'établissement d'une liaison directe entre les appareils tactiles et musculaires. Aussi voit-on apparaître, en même temps, dans la série animale, comme tissus différenciés et dynamiquement solidarisés, les deux systèmes *nerveux* et *musculaire*. A l'origine, le système nerveux sert aux réactions, de mieux en mieux adaptées,

---

(1) Ibid., 561.

(2) V., dans le 1er fasc. du vol. IV de la Rev. trim. microgr., publié en juin 1899 : *Estudios sobre la corteza cerebral humana* por S. R. CAJAL, où il est traité, d'une manière spéciale, de la structure histologique de la scissure calcarine et de la sphère visuelle du cerveau de l'homme, étude dont nous avons fait connaître plus haut les principaux résultats, d'après l'article écrit sur ce sujet par CAJAL, dans la Rev. ibero americana (mars 1899).

des organismes en rapport avec l'alimentation et la défense de l'animal : chez les animaux plus élevés, « *en manière de perfectionnement de ces appareils défensifs*, se montrent les phénomènes de la *sensation*, de la *pensée* ou de l'*entendement* et de la *volonté*. »

Les Invertébrés les plus rudimentaires jouissent, comme les Végétaux, de l'irritabilité, c'est-à-dire de la propriété que possède toute cellule vivante de réagir aux excitations extérieures. Mais il n'y a « aucune raison de croire qu'une pareille propriété soit associée à une représentation consciente ». Les réponses de ces organismes, des Protozaires et des Protophytes, aux stimuli extérieurs, ne sauraient non plus atteindre le degré d'adaptation que présentent les animaux pourvus d'un système nerveux. Toutefois, ces manifestations de la sensibilité organique nous obligent à reconnaître « l'existence, dans le protoplasma des Protozoaires, d'un *substratum conducteur* et *moteur* qui ne doit être autre, dit expressément CAJAL, que le *spongioplasma* ou *réticulum cellulaire* ». La *membrane* serait destinée à la *réception* des impressions et à leur *transmission* à l'appareil moteur. Les connexions réticuliformes établies entre la *membrane* et le *noyau*, d'une part, et, d'autre part, entre les filaments du *réticulum*, assurent la *solidarité fonctionnelle des diverses parties de la cellule*. L'apparition des *cils* et des *flagella* chez les Infusoires, c'est-à-dire d'appareils différenciés de sensibilité et de mouvement, réalise pour la cellule la possibilité d'un plus grand rayon d'action ; un rudiment de *localisation* et de *centralisation*, en des points déterminés, de phénomènes jusque-là disséminés sur tout le corps cellulaire, commence ainsi. Cette *différenciation*, qui doit s'être étendue au *réticulum* sous-jacent ou dériver directement de rapports avec les régions d'origine des cils ou des *flagella*, réalise probablement aussi, dans le protoplasma cellulaire, des voies plus faciles, mieux frayées, pour la transmission des réactions motrices. Mais toutes ces dispositions doivent rester encore à un état excessivement rudimentaire, « parce que le principe de la division du travail et le perfectionnement consécutif des fonctions cellulaires exigent la répartition de chaque office ou fonction (c'est-à-dire de chaque mode de réaction de l'organisme) à des éléments distincts, condition que les animaux pluricellulaires peuvent seuls réaliser ».

Chez les *animaux pluricellulaires* dépourvus de système nerveux, tels que les Eponges, par exemple, la solidarité fonctionnelle de l'organisme n'apparaît guère, parce qu'aucun lien n'unit les différents éléments de la colonie. La persistance de l'individualité de l'animal et le concours de ses diverses fonctions à la continuité de la vie de l'individu et de l'espèce dépendent de la division du travail, division en vertu de laquelle chaque cellule différenciée et adaptée à une fonction spéciale ne se suffit pas à elle-même et exige l'existence de fonctions complémentaires accomplies

par les autres cellules de la colonie : « Si les animaux pluricellulaires n'étaient, à aucun moment de leur évolution, parvenus à créer un *système nerveux,* ils ne se seraient pas beaucoup plus élevés, dans la hiérarchie des êtres, que les végétaux. » La division excessive du travail exige en effet, pour conserver l'harmonie et la solidarité des diverses parties associées, « le *frein* et la *direction suprême* des cellules nerveuses ».

Déjà, chez les Polypes, existe un système nerveux composé de deux classes de neurones : *sensitifs* et *moteurs*. « Le *neurone sensible* correspond en substance à la cellule sensitive et sensorielle des vertébrés (cellules olfactives, par exemple) ; il est situé en des régions déterminées de la peau (tentacules, disque buccal et œsophage) et présente une forme *bipolaire* : grosse expansion *périphérique* terminée par un cil ; expansion *centrale* plus fine, ramifiée dans le mésoderme, constituant, avec les expansions des cellules voisines, un plexus nerveux sous-épidermique d'une grande richesse. Ainsi que dans la muqueuse olfactive des Vertébrés, ou dans la peau des Vers, le neurone sensitif est ici, chez le polype, séparé des autres cellules de même ordre par des corpuscules épithéliaux indifférents (*cellules* de *soutien* ou d'*isolement*). Les *neurones moteurs* affectent une forme étoilée et émettent diverses expansions destinées, semble-t-il, à entrer en contact avec les fibres musculaires rudimentaires situées en dessous. » Il s'en faut d'ailleurs que la science soit encore très avancée dans la connaissance du système nerveux des invertébrés les plus humbles. Ni la méthode d'Ehrlich ni celle de Golgi n'ont jusqu'ici donné, au dire de Cajal, de bons résultats : « C'est en vain que mon frère a fait de nombreux essais d'imprégnation du système nerveux des Actinies, soit avec le chromate d'argent, soit avec le bleu de méthylène. » Retzius, ajoute Cajal, n'aurait pas été beaucoup plus heureux.

Il en va autrement pour les Vers, et cela grâce aux beaux travaux de M. von Lenhossek et de G. Retzius. Outre les deux neurones fondamentaux, sensitif et moteur, qui se disposent en une chaîne allant de la peau aux fibres musculaires, un facteur nouveau intervient : le *neurone intermédiaire,* la cellule d'*association interganglionnaire*. L'excitation sensible peut se propager non plus seulement aux cellules motrices d'un seul ganglion, mais à celles de plusieurs ganglions, ce qui permet à l'animal de réagir à une seule excitation cutanée par la mise en activité d'une grande partie, voire de la totalité de l'appareil locomoteur. Comme chez les Cœlentérés, les neurones sensitifs, *bipolaires,* résident dans la peau ; les neurones moteurs, plus profondément situés, s'associent en ganglions formant une chaîne s'étendant le long de l'animal. Chaque centre ganglionnaire est uni au ganglion voisin par un faisceau de fibres nerveuses longitudinales (*commissure longitudinale*), et aux muscles, ainsi qu'à la peau, au moyen

de fibres nerveuses. Les cellules motrices des ganglions sont pour la plupart *unipolaires,* et leur expansion nerveuse, après s'être étendue sur un certain trajet dans le ganglion et y avoir émis un certain nombre de *collatérales ramifiées* (prolongements accessoires de Retzius, axodendrites de Lenhossek), se dirige vers la périphérie pour s'y distribuer à un groupe de *fibres musculaires.* Le corps de la cellule motrice peut résider soit dans le ganglion homolatéral, soit dans le ganglion hétérolatéral (*neurones moteurs croisés ou commissuraux*). Quant aux *neurones d'association,* ce qui les caractérise, c'est que toutes leurs expansions se ramifient à l'intérieur d'un ganglion ou de plusieurs ganglions et qu'ils associent vraisemblablement ainsi les ramifications ultimes, variqueuses, des fibres sensitives d'un ganglion, avec les axodendrites, — appendices homologues aux prolongements dendritiques ou protoplasmiques des vertébrés —, des neurones moteurs d'un autre ganglion.

En somme, la chaîne des actions réflexes se complique chez les Vers, les Gastéropodes, les Crustacés, les Insectes. Des anneaux intermédiaires associent les neurones sensitifs et moteurs : « Le courant, collecté dans la peau par la cellule sensitive bipolaire, est transmis au centre ganglionnaire correspondant d'où, si l'excitation est faible, il peut se réfléchir sur les muscles du même métamère, grâce au contact établi entre l'arborisation centrale de la fibre sensitive et les expansions des neurones moteurs de ce ganglion ; mais si l'excitation est énergique, le mouvement, grâce aux neurones d'association, se propage aux neurones moteurs d'autres ganglions plus ou moins éloignés du point d'excitation. » Ces voies de communication entre des territoires déterminés de la peau et des organes musculaires permettent au corps vivant, en vertu de dispositions organiques, de répondre à chaque excitation d'un neurone sensitif par un ensemble de mouvements complexes, « parfaitement coordonnés en vue de la défense ou de l'alimentation de l'animal (Exner) ».

Plus haut encore dans l'échelle zoologique apparaît un nouvel anneau intercalé entre le neurone sensitif et le neurone moteur : le *neurone psycho-moteur,* comme l'appelle Ramon y Cajal ; il réside dans le ganglion cérébroïde des Invertébrés ; « sa destination est de conduire à tous les centres nerveux inférieurs les ordres de la volonté en y excitant les neurones moteurs, en y suspendant les mouvements réflexes, c'est-à-dire en empêchant l'effet des réactions automatiques des ganglions. La prépondérance et l'*action directrice, inhibitrice* et *excitatrice* du *ganglion cérébroïde* est un des phénomènes les plus surprenants qu'offre l'évolution du système nerveux. Avec elle apparaissent les *souvenirs,* la *volonté* et l'*intelligence.* » Entre les cellules du ganglion cérébroïde et celles des centres œsophagiens et abdominaux, n'existe-t-il pas des différences substantielles,

structurales, morphologiques, chimiques, évolutives? A quoi le ganglion encéphalique doit-il cette haute supériorité? La cause principale de ce phénomène étrange, CAJAL estime qu'elle « résulte » des relations dynamiques existant entre ce ganglion et le monde extérieur. Au lieu de recevoir du monde, à la manière des ganglions abdominaux, de simples et vagues excitations tactiles et thermiques, il reçoit par les organes des sens (vue, olfaction et ouïe) des impressions déjà organisées et acquiert des images de ce monde extérieur en rapports déterminés avec l'espace et le temps (1).

Mais il ne suffit pas de dire que la supériorité du *ganglion cérébral* dépend de ses relations sensorielles : « La véritable solution du problème repose sur la démonstration du *comment* et du *pourquoi* certaines parties de l'épiderme, situées dans le métamère de ce ganglion, se sont différenciées au point de se transformer en *œil,* en *oreille,* en *appareil olfactif.* » Sans rejeter absolument l'hypothèse d'HERBERT SPENCER qui, dans ses *Principes de biologie*, attribue l'apparition des organes des sens à l'action combinée de l'adaptation et de la sélection naturelle, CAJAL estime qu'il demeure « presque impossible d'imaginer l'apparition ou le mode de formation des variations initiales représentant le point de départ de cette évolution », la cause efficiente du progrès morphologique et fonctionnel réalisé dans la série phylogénique et ontogénique des organismes. Chez les vertébrés, où le système nerveux atteint le terme ultime de sa complexité et de ses progrès, et en particulier dans les mammifères, le *ganglion cérébroïde* a atteint des proportions considérables en rapport avec le perfectionnement des organes des sens. On y distingue des segments de structure variée: *cerveau* antérieur, intermédiaire, moyen, postérieur, etc. Quant à la double chaîne ganglionnaire des invertébrés, elle s'est soudée en un seul cordon nerveux, la *moelle épinière,* protégée par une succession d'anneaux osseux ou cartilagineux, les *vertèbres.*

La *moelle épinière* représente la fusion des centres ou foyers séparés du système nerveux des vers, des mollusques et des crustacés.

Afin de régler automatiquement tous les actes de la vie végétative (digestion, circulation, sécrétion, etc.), une nouvelle chaîne ganglionnaire s'est différenciée, le *grand sympathique,* dont les fonctions sont en partie indépendantes de l'axe cérébro-spinal. Les *neurones sensitifs,* situés chez les vers entre les cellules épidermiques et dans tout le tégument de

---

(1) Il n'existe donc pas d'abîme, comme il semble en exister un, même dans l'hypothèse d'une activité inconsciente des centres nerveux inférieurs, entre le *ganglion cérébral* et les *centres nerveux* du grand *sympathique* et de la *moelle.*

l'animal, ont prolongé et ramifié leur expansion périphérique; leurs corps protoplasmiques ont émigré à l'intérieur, ils se sont rapprochés de la moelle épinière, se concentrant en amas ganglionnaires. Ramon y Cajal a recherché les causes de cette concentration successive, de cette émigration progressive des neurones sensitifs à l'intérieur dans la série animale. 1. En abandonnant l'épiderme et en s'enfonçant dans les profondeurs du mésoderme, ces neurones ont atteint une protection plus efficace contre les influences nocives de l'ambiance. 2. La *loi d'épargne* du protoplasma est peut-être aussi applicable ici. Puisque, plus on s'élève dans la série animale, plus la branche périphérique des neurones sensitifs s'allonge et se ramifie, innervant des zones cutanées toujours plus étendues, il est possible que l'émigration des corps cellulaires de ces neurones ait réalisé l'économie de cellules nerveuses. Quand elles étaient localisées dans la peau, elles n'émettaient qu'une courte branche périphérique ou un petit nombre de brèves ramifications; il fallait donc un plus grand nombre de neurones. Il en a été autrement quand, grâce à l'étendue des ramifications périphériques, un seul neurone, situé profondément, a pu s'étendre sur de vastes espaces cutanés. 3. Peut-être l'extension progressive de ces arborisations de la branche périphérique du neurone sensitif a-t-elle été le résultat pur et simple de l'extension croissante qu'ont prise, dans la série phylogénique, les surfaces cutanées. Ces trois causes impliquent, selon Cajal, aussi bien l'action de la *variation* que celle de la *sélection naturelle* et d'autres facteurs d'efficacité analogue, capables de fixer et d'exagérer les dispositions utiles apparues.

Quant à la structure générale du système nerveux, on retrouve, dans la *moelle épinière* des vertébrés, les dispositions constitutives de la *chaîne ganglionnaire* des invertébrés : 1° des *neurones moteurs*, dont les expansions fonctionnelles ou cylindraxiles se ramifient sur des fibres musculaires striées; 2° des *neurones sensitifs* situés dans des ganglions, en dehors de la moelle, et dont la branche centrale, pénétrant dans ce centre nerveux, envoie des collatérales qui s'arborisent autour des cellules motrices; 3° des *neurones sensitifs d'association* ou *neurones sensitifs de second ordre*, intercalés entre les neurones sensitifs primaires (protoneurones) et des neurones moteurs; 4° des *neurones moteurs de second ordre*, c'est-à-dire des cellules siégeant dans le *cerveau* et dont l'expansion fonctionnelle, descendant le long de l'axe cérébro-spinal, s'arborise également autour des neurones moteurs; 5° des *neurones sensitifs* ou *sensoriels* de troisième et peut-être de quatrième ordre, situés dans le cerveau des mammifères, par l'intermédiaire desquels les excitations projetées dans l'écorce par un neurone sensitif ou sensoriel de second ordre se propagent aux cellules de cette même écorce en continuité d'association avec les cellules d'origine

des faisceaux de la voie des pyramides, neurones moteurs de second ordre.

Morphologiquement, les éléments nerveux des vertébrés ne diffèrent non plus par aucun changement important de ceux des invertébrés. Les ramuscules ou expansions accessoires (axodendrites) du prolongement principal de la cellule motrice unipolaire des invertébrés, destinés à recueillir les courants nerveux apportés par les prolongements centraux des neurones sensitifs, sortent, chez les vertébrés, du corps cellulaire et sont appelés *protoplasmiques* ou *dendritiques*. Certaines classes de neurones n'ont pourtant pas modifié leur morphologie première et ont conservé, dans les vertébrés, la forme qu'ils avaient chez les invertébrés. Tels les *neurones sensoriels*, cellules bipolaires olfactives, etc., et en partie les *neurones sensitifs* primaires ou protoneurones sensitifs, car, quoique de bipolaires ils deviennent unipolaires, cela ne change rien au mode de connexion des prolongements central et périphérique de chacune de ces cellules.

Peut-on découvrir les lois qui semblent avoir présidé à l'évolution, ou mieux, qui résultent du développement des différents systèmes d'organes constituant le système nerveux? Ramon y Cajal énumère les suivantes: « 1° Multiplication des neurones ou des conducteurs dans le but (téléologie mécanique) de multiplier les associations entre les divers organes et tissus; 2° différenciation morphologique et structurale des neurones afin qu'ils fussent mieux adaptés à leur rôle d'organes de transmission; 3° unification ou concentration des masses nerveuses, ou *loi d'épargne*, et du *protoplasma* servant à la transmission des excitations, et du *temps de conduction* ».

I. *Multiplication des neurones*. — C'est un fait corrélatif de l'augmentation progressive, dans la série animale, des cellules *épidermiques, musculaires* et *glandulaires*. La nature, comme s'exprime Cajal, aurait pu sans doute, en multipliant les expansions protoplasmiques et nerveuses des neurones existants, assurer les rapports des nouveaux éléments épidermiques et musculaires apparus au cours de l'évolution phylogénique, sans modifier le nombre de ces neurones. Cependant si, comme tout le fait supposer, *chaque cellule représente le conducteur d'une seule impression dans l'espace*, la multiplication des ramuscules périphériques ou de réception des neurones sensitifs n'aurait abouti qu'à diminuer la sensibilité du tégument en élargissant excessivement les intervalles séparant deux impressions simultanées, conditions de perceptions distinctes dans le sensorium. Voilà pour la périphérie. Mais si l'expansion centrale du neurone s'était ramifiée, dans le centre nerveux, d'une manière excessive, la vibration apportée aux neurones de ce centre par la branche centrale du neurone

sensitif aurait subi une perte considérable de son efficace en se disséminant : parvenue aux neurones moteurs, cette vibration aurait manqué de l'énergie nécessaire pour provoquer la contraction musculaire. Les mêmes inconvénients auraient résulté de la persistance, dans le ganglion cérébral, alors que le nombre des neurones moteurs s'accroissait, d'une même quantité de conducteurs (voie pyramidale).

II. *Différenciation morphologique des neurones.* — C'est aussi un fait établi par l'histologie comparée des centres nerveux. Voici les deux « fins » auxquelles tend cette différenciation : « 1° l'*augmentation des associations cellulaires,* quand les neurones multiplient et étendent leurs expansions dendritiques, passant de la forme unipolaire ou bipolaire à la forme multipolaire ; 2° la *vitesse de la transmission des courants* quand, ainsi qu'il est arrivé dans des ganglions rachidiens, l'évolution a lieu de la forme bipolaire à la forme unipolaire ».

III. *Unification ou concentration (intégration) des neurones, primitivement séparés, en ganglions.* — Le progrès organique ne consiste pas seulement en une différenciation et complication macroscopique des parties du système nerveux central ; il consiste aussi en une modification de même ordre de la structure intime des éléments. Mais la cause véritable de la fusion des centres, primitivement séparés, du système nerveux des vers, des mollusques et des crustacés, fusion d'où s'est formé un organe tel, que la moelle épinière des vertébrés, c'est, selon Cajal, la loi d'*épargne du protoplasma* combinée avec celle de l'*économie de temps.* Il a montré comment cette concentration successive des cellules nerveuses en ganglions, en économisant les conducteurs, permet à une seule fibre nerveuse de transmettre, au moyen d'une arborisation relativement peu étendue, l'onde ou les vibrations nerveuses à un grand nombre de neurones. Il y a là une variation utile pour l'organisme, et, seule, une variation de ce genre, fixée par l'hérédité, peut constituer une modification anatomique permanente dans la série phylogénique et ontogénique. C'est en vertu de cette « tendance à l'épargne du protoplasma », que des ganglions primitivement pairs se sont réunis sur la ligne médiane, cette fusion diminuant la longueur des commissures transversales nécessaires à la solidarité fonctionnelle dans chaque paire de ganglion.

Ces commissures, c'étaient les prolongements nerveux des cellules d'association *transversale* ou croisée de la double chaîne ganglionnaire des invertébrés ; ces commissures transversales se sont raccourcies quand les éléments de cette chaîne double se sont fusionnés en une seule chaîne. Chez les mammifères, à ces neurones moteurs croisés des invertébrés se sont substituées les commissures sensitives des collatérales.

La même loi explique l'intégration des centres nerveux dans le sens

longitudinal, disposition structurale si accusée chez les vertébrés (conducteurs sensitifs d'association intercentrale, branche ascendante et descendante, voie pyramidale, cellules commissurales des cordons). Elle serait, cette loi qui a réalisé la concentration longitudinale et transversale des centres nerveux, l'expression d'une fin de la nature que CAJAL formule ainsi : « créer le plus grand nombre possible d'associations avec la plus grande brièveté possible des conducteurs » (1). Le résultat le plus net de cette disposition, c'est la vitesse de transmission des courants. Cette fin naturelle, ça été d'étendre et de perfectionner l'acte réflexe en provoquant l'intervention, dans la conduction nerveuse, de nombreux neurones d'association, de façon que tous ou presque tous les muscles de l'organisme puissent entrer en jeu et réaliser des actes coordonnés et synergiques propres à la défense de l'animal. « Ces *mécanismes inconscients* persistent jusque chez les vertébrés supérieurs et sont localisés tant dans la *moelle* que dans le *cerveau* ; ils représentent le fondement même des *adaptations du système nerveux* aux nécessités de la vie, adaptations fixées par l'*hérédité,* et peut-être perfectionnées par la *sélection naturelle* ou par d'autres facteurs organiques encore inconnus. »

Chez les vertébrés supérieurs, en même temps que la cellule pyramidale du cerveau, apparaît un nouveau facteur dynamique qui « existait peut-être déjà, d'une manière rudimentaire », chez les invertébrés : la conservation ou « emmagasinement » (*almaceniamento*) des impressions *sensitives* et des impressions *sensorielles,* recueillies du monde extérieur, et la transformation de ces impressions en *idées* et en *volitions*. Ainsi, telle excitation des sens, une sensation de la vue, par exemple, pourra n'être pas entièrement réfléchie par la réaction motrice automatique ; elle sera en partie absorbée et indéfiniment retenue, conservée par les neurones cérébraux ; beaucoup plus tard, sous l'influence d'excitations nouvelles, soit externes, soit internes, elle ne laissera pas de provoquer des manifestations motrices de nature diverse. Cette « absorption », cette persistance, à l'état latent, du mouvement d'une excitation initiale d'un appareil des sens, voilà la condition des phénomènes que l'on dénomme *souvenir, pensée, jugement* et *volition*. Le substratum d'opérations si élevées n'est autre probablement que la liaison, par contiguïté, des éléments nerveux de l'écorce cérébrale, liaison réalisée au moyen des neurones d'association de ce centre nerveux, c'est-à-dire « des cellules qui établissent des rapports d'association entre tous les centres sensitifs et sensoriels de l'écorce du cerveau. »

---

(1) RAMON Y CAJAL. *Leyes de la morfologia y dinamismo de las células nerviosas.* Rev. trimestr. micrografica, I, 1897.

III. — A. VAN GEHUCHTEN.

Van Gehuchten a surtout insisté avec raison sur la modification profonde que, avec Ramon y Cajal et Kölliker, il a fait subir à la théorie de Golgi et de ses élèves, voire de Nansen, touchant le rôle physiologique des prolongements protoplasmiques. D'après Golgi, le prolongement cylindraxile est seul, avec ses collatérales, de nature nerveuse ; tous les autres prolongements cellulaires ne constituent que des appareils de nutrition destinés à puiser, dans les vaisseaux sanguins, les éléments nutritifs nécessaires à la vie de la cellule nerveuse. Or, ces rapports des dendrites avec les vaisseaux sanguins ont été contestés par « tous les auteurs qui ont appliqué la méthode au chromate d'argent à l'étude de la structure des centres nerveux ». Ce qui démontre, avec la nature nerveuse des prolongements protoplasmiques, leur fonction de conductibilité, c'est, par exemple, que, dans le bulbe olfactif des mammifères, les prolongements protoplasmiques descendant des grandes cellules mitrales reçoivent directement l'ébranlement nerveux que leur transmettent les prolongements cylindraxiles des cellules olfactives, et que, dans les lobes optiques des oiseaux, les arborisations terminales des fibres du nerf optique transmettent également l'ébranlement nerveux aux dendrites des cellules de ces ganglions (1).

La seule différence, non quant à la nature nerveuse des prolongements cylindraxiles et protoplasmiques, mais quant au mode de conduction nerveuse, c'est que le *sens* ou la *direction* de cette conduction est inverse dans les deux espèces de prolongements cellulaires. Dans les prolonge-

---

(1) A. Van Gehuchten. *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 2e édit., Louvain, 1897 ; *La structure des lobes optiques chez l'embryon de poulet*. La Cellule, 1892, VIII ; *Contribution à l'étude du système nerveux des Téléostéens*, *Ibid.*, X, 1894 ; *La moelle épinière de la truite*, *Ibid.*, XI, 1895 ; *Le faisceau longitudinal postérieur*, Bruxelles, 1895 ; *Contribution à l'étude de la moelle épinière chez les vertébrés (Tropidonotus natrix)*. La Cellule, 1896, XII ; *L'anatomie fine de la cellule nerveuse*, Louvain, 1897 ; *Le phénomène de chromatolyse consécutif à la lésion pathologique ou expérimentale de l'axone*. Bull. Acad. méd. de Belgique, novembre 1897 ; *Le ganglion basal et la commissure habénulaire dans l'encéphale de la salamandre*, Bull. de l'Acad. de Belgique, 1897.

ments protoplasmiques, l'ébranlement nerveux est toujours transmis des ramifications terminales dendritiques à la cellule ou corps du neurone; dans les prolongements cylindraxiles, il se propage de la cellule nerveuse aux arborisations latérales et terminales du cylindraxe. Là la conduction est cellulipète, ici cellulifuge.

« Cette théorie de la conductibilité cellulipète des prolongements protoplasmiques et de la conductibilité cellulifuge des prolongements cylindraxiles a été émise pour la première fois par nous, dit Van Gehuchten, en 1891. Peu de temps après elle fut acceptée par Ramon y Cajal (sous le nom de *théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux*) dans un travail consacré exclusivement à l'étude de la fonction physiologique des prolongements des cellules nerveuses. Retzius, von Lenhossek, et Gad s'y sont ralliés. Rauber l'a recueillie dans son traité d'anatomie et tout récemment encore Mislawsky en a montré la rectitude par des expériences galvanométriques. La plupart des auteurs, à l'exception de Cajal et de von Lenhossek cependant, semblent ignorer ces données historiques. »

Voici d'ailleurs, en quelques mots, l'origine de cette théorie.

« En 1889, dans un travail sur les connexions générales des éléments nerveux, Cajal exprima incidemment et sans y attacher la moindre importance, l'idée que le prolongement périphérique des cellules des ganglions spinaux pouvait être considéré comme un prolongement protoplasmique, et cela, parce que comparé aux cellules bipolaires de la muqueuse olfactive, il représentait l'homologue du prolongement périphérique de ces dernières, qui est incontestablement un prolongement protoplasmique. Cette idée de Cajal nous avait frappé. Au mois d'avril 1891, dans notre travail sur la moelle épinière et le cervelet, nous avons relevé cette manière de voir du savant espagnol, sans vouloir y adhérer complètement. Nous étions, à cette époque, pénétré de l'idée que le prolongement d'une cellule nerveuse qui devient le cylindraxe d'une fibre nerveuse est un prolongement cylindraxile: aussi ne pouvions-nous nous décider à voir dans le prolongement périphérique des cellules des ganglions spinaux autre chose qu'un prolongement cylindraxile : « L'idée de considérer le prolongement périphérique comme un prolongement protoplasmique, disions-nous à cette époque, est ingénieuse en ce sens qu'elle lèverait toute difficulté pour établir une différence, sinon morphologique, au moins fonctionnelle, entre les prolongements protoplasmiques et le prolongement cylindraxile. *Les prolongements protoplasmiques auraient la conduction cellulipète et serviraient à conduire au corps cellulaire les ébranlements nerveux venus des éléments voisins, et le prolongement cylindraxile aurait la conduction cellulifuge, servant à mettre l'élément nerveux dont il provient en rapport avec d'autres.* Outre les prolongements protoplasmiques, *le corps cellulaire lui-même peut recevoir directement l'ébranlement nerveux* par des branches collatérales et terminales d'un prolongement cylindraxile. » Formulée pour la première fois dans ces termes, au mois d'avril 1891, la théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux a gagné, d'année en année, de nouveaux partisans.

Dans un mémoire lu au Congrès de médecine de Valence, le 24 juin 1891, Cajal défendait la manière de voir de Van Gehuchten; il donnait à cette théorie le nom de *théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux* : les prolongements protoplasmiques constituent un appareil de perception des ébranlements nerveux; le prolongement cylindraxile, un appareil d'application. Enfin dans une lettre datée du 15 novembre 1891, voici ce que Cajal écrivait à Van Gehuchten : « Dans ce travail (le

mémoire lu au Congrès de Valence, publié à la fin de décembre 1891), je tâche de démontrer, avec quelques schémas de la rétine, du bulbe olfactif, du lobe optique, des voies pyramidales, etc., que l'ébranlement nerveux est toujours reçu par l'arborisation protoplasmique et le corps cellulaire et appliqué par la ramification variqueuse terminale du cylindraxe. C'est la même opinion que vous indiquez dans une note de votre monographie sur le cervelet et la moelle : seulement, moi, je suis beaucoup plus affirmatif que vous, puisque la difficulté des cellules unipolaires des ganglions ne doit pas nous retenir : dans ces cellules il n'existe pas de différenciation dans les prolongements. La doctrine de la polarité dynamique des éléments nerveux doit seulement s'appliquer aux corpuscules pluripolaires, pourvus d'expansions protoplasmiques et nerveuses. Les ganglions rachidiens représentent probablement des amas de cellules non différenciées comparables en tous points aux cellules du système ganglionnaire des invertébrés. »

Cette théorie, Van Gehuchten l'a appliquée à toutes les cellules nerveuses, sans exception aucune, aux cellules des ganglions cérébro-spinaux aussi bien qu'aux cellules sympathiques ; plus d'une fois, il a dû la défendre contre Ramon y Cajal lui-même. Dès le premier jour, Van Gehuchten, nous le répétons, car c'est un point d'histoire des théories des fonctions du système nerveux central d'une importance capitale, avait appliqué la loi de la polarisation dynamique à tous les neurones, y compris les cellules des ganglions spinaux, « convaincu à cette époque, et plus encore actuellement, écrit ce savant en 1897, que, si l'on peut trouver une seule espèce de cellules nerveuses à laquelle la théorie ne pourrait pas s'appliquer, il faudrait la déclarer fausse et l'abandonner complètement (1). »

Dans un grand nombre d'espèces de neurones, l'origine du cylindraxe se trouve fréquemment ou d'ordinaire à une certaine distance du corps cellulaire : il part, non du cytoplasma, mais d'un prolongement protoplasmique. Il en est ainsi, par exemple, pour les grains du cervelet, les cellules de Martinotti de l'écorce cérébrale, les cellules mitrales du bulbe olfactif, les cellules fusiformes du lobe optique des poissons, des reptiles et des oiseaux. « Dans les cellules des ganglions spinaux des batraciens, des reptiles, des oiseaux et des mammifères, s'il est impossible de parler, à la rigueur, d'une origine du

---

(1) *Anatomie du système nerveux de l'homme*. Louvain, 1897, 2e édit., 209. Cf. p. 280-1.

S. Ramon y Cajal revendique en partie la paternité de la théorie de la polorisation dynamique. Il rappelle à l'appui : 1° qu'il a été le premier à prouver la conduction surtout cellulipète des expansions protoplasmiques et du corps cellulaire, ainsi que cela résulte, explicitement ou implicitement, de tous ses travaux antérieurs à 1891, sur le cervelet, la moelle, la rétine et le bulbe olfactif ; 2° que l'idée de prendre les expansions protoplasmiques pour des appareils de réception traversa plus d'une fois son esprit avant 1891, comme le démontrent plusieurs passages de ses écrits, mais sans qu'il eût dès lors généralisé cette conception à tous les éléments nerveux ; 3° que l'hypothèse essentielle de la théorie, consistant à considérer comme protoplasmiques les expansions périphériques, tant des cellules bipolaires olfactives et rétiniennes que des cellules des ganglions spinaux, fut suggérée par lui, comme le reconnaît Van Gehuchten lui-même ; 4° que, en 1891, l'histologiste belge exposa, en une formule brève et heureuse, et comme déduction des idées de Cajal, la théorie de la polarisation, sans toutefois l'accepter ni la discuter même ; 5° que, la même année, il accepta et formula cette théorie, avec preuves à l'appui, en y ajoutant la propriété réceptrice du corps cellulaire ; 6° que c'est ainsi, et après les travaux de Cajal, que Van Gehuchten adopta sans réserve ladite théorie. Quant à la conduction cellulifuge du cylindraxe, on doit reconnaître que c'était une doctrine plus ou moins explicitement reconnue par les neurologistes avant les travaux de Cajal et de Van Gehuchten sur ce sujet, comme le prouve entre autres l'exemple de Gowers.

S. Ramon y Cajal. *Leyes de la morfologia y dinamismo de las celulas nerviosas. Ley de la polarizacion dinamica dendrifuga y axipeta...* Rev. trimestral micrografica, 1897, II, 1 sq.

prolongement nerveux d'un tronc protoplasmique, au moins peut-on affirmer que le prolongement cellulifuge ne naît point du corps cellulaire, mais du tronc qui leur est commun avec le prolongement à conduction cellulipète. » Chez les invertébrés, les crustacés et les vers en particulier, l'origine des ramifications afférentes part presque toujours de la base d'un prolongement unique. Or, quelque idée qu'on se fasse de la nature fonctionnelle du prolongement protoplasmique d'où sort un cylindraxe, force est d'admettre en cette partie l'existence d'une « double capacité de conduction, cellulipète et cellulifuge ».

Van Gehuchten et Ramon y Cajal, les deux législateurs de la loi de la polarisation dynamique, ont estimé, à ce sujet, qu'il était nécessaire de modifier la formule de cette loi. Lugaro croit au contraire que l'ancienne formule, quoique un peu modifiée par les progrès de la morphologie cellulaire, peut très bien persister dans sa teneur première (1).

Van Gehuchten s'exprime de la manière suivante : « La théorie de la conductibilité différente dans les deux espèces de prolongements qui dépendent d'une cellule nerveuse ne doit cependant pas être appliquée, dans toute sa rigueur, *à toute l'étendue* des prolongements protoplasmiques. Dire d'une manière absolue : les prolongements protoplasmiques possèdent la conduction cellulipète, ils ne conduisent et ne peuvent conduire l'ébranlement nerveux, sur *toute leur longueur*, que dans un sens bien déterminé : depuis leurs ramifications terminales jusqu'au corps cellulaire dont ils dépendent, serait en opposition manifeste avec de nombreux faits d'observation. Nous avons vu que, pour un certain nombre de cellules nerveuses, le prolongement cylindraxile ne naît pas toujours directement du corps cellulaire, mais provient d'un gros tronc protoplasmique à une distance plus ou moins grande de la cellule d'origine. Il en est ainsi notamment pour les cellules du toit optique des oiseaux et des poissons, pour certaines cellules mitrales du bulbe olfactif, pour le plus grand nombre des cellules nerveuses du névraxe chez les vertébrés inférieurs, en particulier chez la salamandre, etc. Si, ce qui nous paraît indiscutable, *le corps cellulaire est le véritable centre fonctionnel des neurones*, c'est-à-dire l'endroit où aboutissent les ébranlements nerveux cellulipètes pour être réfléchis ou transformés en ébranlements cellulifuges, il faudrait admettre, pour pouvoir maintenir la théorie, que la partie du prolongement protoplasmique comprise entre le corps de la cellule et le point d'origine de l'axone jouit à la fois de la conductibilité cellulipète et de la conductibilité cellulifuge et représente par conséquent à la fois un prolongement protoplasmique et un prolongement cylindraxile... Cette *conductibilité indifférente* nous devons cependant l'admettre pour le corps cellulaire... D'ailleurs les ébranlements amenés par les divers prolongements protoplasmiques doivent, en fait, pour arriver jusqu'au prolongement cylindraxile, traverser le corps cellulaire dans tous les sens. Mais que faut-il entendre par *corps cellulaire* ? Uniquement la masse de protoplasma qui entoure le noyau, ou bien, outre cette masse centrale, encore une partie plus ou moins grande des prolongements protoplasmiques ? Les cellules imprégnées par le chromate d'argent ne peuvent guère servir pour résoudre cette difficulté, puisqu'elles ne montrent aucune différence de structure entre le corps cellulaire et les prolongements qui en dépendent. Dire que le corps cellulaire finit là où naît le prolongement cylindraxile serait une solution arbitraire, uniquement donnée pour sauver la théorie... Avec la méthode de Nissl nous poussons l'analyse plus loin qu'avec la méthode de Golgi

(1) E. Lugaro. *A proposito di alcune varianti alla formula della « polarizzazione dinamica »*. Monitore Zoologico ital. an VIII, 1897.

Cette méthode nous permet de diviser le neurone en deux parties nettement distinctes : l'une est formée à la fois de substance chromatique et de substance achromatique : c'est *la masse de protoplasma englobant le noyau avec la partie voisine des gros troncs protoplasmiques*. Tout cela représente pour nous le véritable *corps cellulaire* du neurone. La conductibilité doit y être indifférente et se faire dans tous les sens... La seconde partie du neurone est formée par le prolongement cylindraxile et par tous les prolongements protoplasmiques grêles. Pour cette partie-là le sens de la conductibilité varie : le prolongement cylindraxile possède la conduction cellulifuge et les prolongements protoplasmiques la conduction cellulipète... L'objection que nous avons formulée plus haut contre la *théorie de la polarisation dynamique* ne tient donc pas debout, puisque le tronçon de protoplasma compris entre la masse de protoplasma qui entoure le noyau et le point d'origine de l'axone appartient au *corps cellulaire* et possède la *conductibilité indifférente* (1). »

Voici les objections que LUGARO fait à VAN GEHUCHTEN :

1. Il n'est pas nécessaire d'admettre l'existence, dans le corps cellulaire, d'une conduction indifférente. Si, dans le cytoplasma lui-même, on ne peut démontrer que les courants nerveux apportés par les diverses ramifications dendritiques du neurone suivant une direction définie, on peut l'admettre pour les différents éléments fibrillaires que suit l'onde nerveuse depuis l'origine jusqu'à la destination de ces faisceaux. Les gros troncs protoplasmiques eux-mêmes qui font partie, selon VAN GEHUCHTEN, du corps cellulaire, ne peuvent, comme les fins dendrites qui s'y ramifient, que posséder une conduction exclusivement cellulipète. 2. La présence des granulations chromatophiles dans le corps d'un neurone ne peut être considérée comme caractéristique de cet élément : abondantes dans le corps des grandes cellules, toujours plus rares dans les petites, elles font entièrement défaut dans nombre d'éléments où le noyau est la seule partie qui se colore avec la coloration de NISSL, si bien que cet histologiste a invoqué ces différences fondamentales pour constituer les types de ses cellules *somatochromes* et *karyochromes*. 3. Si, dans les cellules somatochromes, on s'appuie sur la présence des corpuscules chromatiques pour déterminer les limites du corps cellulaire, il sera bien difficile de les fixer, puisque ces corpuscules se trouvent aussi loin que le permet la dimension des troncs protoplasmiques. Comment admettre entre les dendrites et le corps cellulaire une diversité spécifique de conduction, cellulipète dans ceux-là, indifférente dans celui-ci? Un pareil changement, radical et subit, de fonction physiologique, ne saurait se comprendre dans des parties qui, anatomiquement, passent par degré les unes dans les autres. Ajoutez que ces modifications graduelles ne portent que sur les granulations chromatiques, étrangères à la conduction, non sur la partie achromatique ou fibrillaire, c'est-à-dire conductrice, de la cellule. 4. Le prolongement cellulaire d'où naît souvent le cylindraxe n'est pas toujours pourvu d'éléments chromatophiles. Dans les cellules des ganglions spinaux, non seulement les deux branches du T de RANVIER sont parfaitement achromatiques, mais aussi le tronc principal d'où sortent ces branches. LUGARO a démontré qu'il en était de même pour les cellules nerveuses du cordon ventral du lombric, par exemple : la base du prolongement d'où sortent les rameaux à conduction afférente est privée entièrement d'éléments chromatiques. Dans les cellules fusiformes verticales du lobe optique des oiseaux, des reptiles, etc., où le prolongement nerveux part d'un tronc proto-

---

(1) *Anatomie du système nerveux de l'homme*. 2e édit., 1897, 213-18.

plasmique (*celulas de cayado*, Cajal), ce tronc ne contient point de corpuscules chromatiques. Enfin, il en est de même dans les éléments nerveux de petite dimension où quelques rares granulations se voient à proximité du noyau, ou manquent même totalement, par exemple dans les grains du cervelet, dont le prolongement nerveux sort souvent d'un dendrite. 5. Rien ne s'oppose à ce qu'un tronc d'où sort un prolongement nerveux à quelque distance déterminée du corps cellulaire possède à la fois la valeur d'un prolongement protoplasmique et d'un prolongement nerveux. Mêlés, mais non confondus avec les éléments dendritiques du neurone, les éléments fibrillaires y conserveraient leur mode spécial de conduction ; la conductibilité ne serait donc pas indifférente dans ce tronc, mais différente, selon la fonction spécifique à cet égard des fibres qui le traversent. « En général, estime Lugaro, la connaissance de la structure fibrillaire des prolongements cellulaires justifie pleinement cette hypothèse ; pour les ganglions spinaux en particulier, j'ai pu observer des dispositions spéciales des fibrilles qui ne permettent pas de douter de la diversité de conduction des fibres constituant le tronc commun ».

Lugaro examine ensuite la modification que Ramon y Cajal a proposée relativement à la théorie de la polarisation dynamique. Le célèbre histologiste espagnol a souvent cherché à interpréter la signification biologique de ce mode d'origine de l'axone, issu d'un dendrite au lieu de naître d'un corps cellulaire : celui-ci, avec ses dendrites, représente, dit Cajal, un appareil direct de réception des courants nerveux, lesquels s'écoulent toujours vers l'axone pour se distribuer, au moyen des ramifications terminales et collatérales de ce prolongement, sur le protoplasma d'autres neurones. Cajal appelle aujourd'hui *axipète* le courant qui se distribue aux expansions protoplasmiques, *dendrifuge* ou *somatofuge* celui qui gagne le prolongement nerveux (1). Quand un axone naît d'un dendrite, les courants apportés des extrémités de ce dendrite passeraient directement à l'axone en laissant en dehors le corps cellulaire. Ainsi dans les cellules des ganglions spinaux, les courants apportés par la branche périphérique du T de Ranvier seraient transmis à la branche centrale sans traverser le tronc commun ni le corps cellulaire. D'autre part, quand le corps cellulaire est interposé entre des prolongements protoplasmiques et le point d'origine du cylindraxe, il servirait de conducteur pour les courants ; il agirait enfin comme récepteur si des terminaisons nerveuses s'appliquaient sur lui. Ainsi, le corps des cellules des ganglions spinaux ne participerait point à la transmission des *stimuli* périphériques ; il recevrait uniquement les *stimuli* que lui apportent les arborisations d'origine sympathique découvertes par Ehrlich et Cajal et transmettrait ces excitations du milieu interne, par l'intermédiaire de la haste du T, à la branche centrale de la cellule ganglionnaire. L'origine

---

(1) V. plus haut, p. 1639 sq.

du cylindraxe se trouverait, par une loi biologique, toujours située au point le plus convenable pour que les *stimuli* transmis aux dendrites se propagent avec la plus grande vitesse possible, dussent ces excitations ne point passer par le corps cellulaire. La nature réaliserait ainsi une économie soit de temps, soit de matériaux protoplasmiques, soit des deux à la fois.

Contre cette formule nouvelle de la polarisation dynamique, Lugaro élève un certain nombre de doutes sceptiques. L'économie de temps, entre autres, que réaliserait une transmission nerveuse directe des dendrites à l'axone, sans passage par le corps cellulaire, est trop minime pour avoir pu déterminer, au cours de l'évolution, des modifications morphologiques. « Ce qui montre que l'origine de l'axone à distance du corps cellulaire ne constitue pas un perfectionnement destiné à abréger la transmission des courants, c'est le fait que la fréquence d'un tel mode d'origine diminue au fur et à mesure qu'on s'élève dans l'échelle zoologique. Chez les Invertébrés, l'origine des dendrites et de l'axone d'un tronc commun est des plus communes ; dans quelques classes, en particulier dans les plus inférieures, c'est un fait presque constant. Parmi les Vertébrés, c'est surtout chez les batraciens et les reptiles qu'est fréquente l'origine du cylindraxe d'un dendrite. »

Il n'existe aucun fait démontré qui permette de croire que les éléments fibrillaires du cylindraxe ne naissent point, toujours et en réalité, du corps cellulaire, et qu'il puisse leur suffire de traverser le tronc protoplasmique pour s'en séparer à une distance plus ou moins grande. C'est ce qu'a établi Lugaro en traitant les ganglions spinaux du chien par le sublimé et la coloration progressive à l'hématoxyline Delafield. Les meilleures observations provenaient de chiens empoisonnés par l'arsenic : la tuméfaction relative des cylindraxes permettait de suivre sur de longs trajets les fibrilles ainsi plus nettement individualisées. La division du prolongement unique des cellules de ces ganglions a lieu le plus souvent en Y, moins fréquemment en T. Mais, dans les deux formes de division, les fibres appartenant aux deux branches ne se confondent pas et conservent leur individualité en passant par le tronc commun, d'où elles divergent ensuite pour constituer les deux branches périphérique et centrale. Lugaro ne croit pas que partout où apparaît manifestement cette structure fibrillaire on hésite à admettre une conduction dans le sens des fibrilles. « S'il en est ainsi, écrit-il, il suit avec évidence que, dans les cellules des ganglions spinaux, *les courants nerveux vont de la branche périphérique, par le tronc commun, au corps cellulaire*. » Le retour des courants a lieu au moyen de voies fibrillaires distinctes qui montent vers la *branche centrale*. Ainsi dans le tronc commun de ces cellules se trouvent réunies, à la fois, et les fibrilles cylindraxiles et les fibrilles dendritiques. « Les particularités morphologiques des éléments nerveux sont surtout déterminées par leurs fonctions physiologiques propres : le nombre, la direction, l'orientation, le type des *dendrites* sont déterminés par la quantité, par la situation, par l'orientation et par le type des *terminaisons nerveuses* ou *cylindraxiles* avec lesquelles ces prolongements protoplasmiques sont en rapport. » Il en est de même du corps cellulaire (Cajal). Lugaro pense aussi que le processus d'unipolarisation des cellules des ganglions spinaux et l'isolement qui en résulte pour ces cellules réalisent des dispositions susceptibles de rendre plus réguliers, plus directs et plus immédiats, les rapports entre les surfaces des corps cellulaires et les terminaisons des fibres du sympathique qui s'y distribuent : l'arrivée dans le ganglion d'un grand nombre de fibres myéliniques périphériques venant se ramifier entre ses cellules aurait nui d'une façon notable à l'établissement de ces rapports.

La *direction initiale* du prolongement nerveux est surtout fonction des destinations spéciales des *collatérales* qu'émet l'axone sur son parcours. Le *trajet ultérieur* dépend de la *destination finale du cylindraxe*.

La coloration à l'hématoxyline de Delafield montre que les *dendrites* ont une *structure fibrillaire* à direction à peu près parallèle; en approchant du corps cellulaire ces fibrilles divergent, deviennent plus ondulées, plus lâches et finissent par prendre une situation tangentielle; elles se distribuent progressivement de la périphérie au centre du cytoplasma. « Jamais on ne constate le passage des fibrilles d'un dendrite à un autre dendrite. Les fascicules fibrillaires deviennent toujours plus lâches et les fibrilles se mêlent confusément aux particules chromatiques. Vers le centre de la cellule le mélange entre les éléments fibrillaires et la partie chromatique est toujours plus intime. Dans le corps du cytoplasma les fibrilles se perdent en un lacis très dense où, comme quelques observations portent à le croire, elles contractent des anastomoses, constituant ainsi un véritable *réticulum*. Le prolongement nerveux, avec des fibrilles plus serrées et plus nettement parallèles, pénètre dans le corps cellulaire sans perdre aussi rapidement que le dendrite son individualité propre. Sur un certain trajet les fibrilles se maintiennent pressées et ne divergent point assez pour laisser place aux granulations chromatiques; c'est à cette cause qu'est due la formation du cône achromatique d'origine du cylindraxe. Cette disposition nous montre que les *fibrilles du cylindraxe* prennent *naissance*, au moins pour la plus grande part, dans les *parties centrales*, les plus profondes, du *cytoplasma*. Il en résulte que le passage de l'onde nerveuse n'a point lieu directement et individuellement des fibrilles dendritiques aux fibrilles cylindraxiles, mais à travers le *réticulum cellulaire, où les différentes ondes apportées par les dendrites entrent en conflit, où elles subissent une synthèse, dont les produits passent au cylindraxe*. Le *corps cellulaire* n'est donc pas un simple conducteur : c'est un *coordinateur*, un *modificateur de l'onde nerveuse*. »

Ces faits et ces considérations amènent Lugaro à la formule suivante du dynamisme nerveux : « Les synthèses nerveuses s'accomplissent dans le corps cellulaire en procédant des prolongements dendritiques vers le cylindraxe. Cette formule implique en soi la loi de *polarisation dynamique*. » Elle permet en outre d'y faire entrer un autre mode de conduction sur lequel Lugaro a plusieurs fois insisté (1), conduction impliquant la possibilité d'une inversion des courants avec une inversion des effets dynamiques. Nous voulons surtout retenir ici ces deux principes d'une si grande portée pour la psychologie cellulaire : 1° *les synthèses nerveuses ont lieu dans le corps cellulaire; 2° les courants se propagent toujours des prolongements dendritiques au cylindraxe du neurone*.

Les excitants physiologiques, quels qu'ils soient, n'agissent donc que sur les prolongements protoplasmiques et sur le corps cellulaire : ils n'ont aucune action sur les prolongements cylindraxiles; ceux-ci ne sont

---

(1) V., entre autres Mémoires, l'article de ce savant *Sulle connessioni tra gli elementi nervosi della corteccia cerebellare*. Riv. speriment. di fren., XX, 1894.

influencés que par la cellule dont ils proviennent. De là une distinction physiologique possible des différents éléments nerveux reposant tout entière sur la *direction que prennent les prolongements protoplasmiques et cylindraxiles par rapport à l'axe cérébro-spinal*. Tous les *neurones sensitifs périphériques*, cellules bipolaires de la muqueuse olfactive, du ganglion spiral du nerf acoustique, des ganglions cérébro-spinaux, ont leurs cellules d'origine en dehors de l'axe cérébro-spinal : ils envoient leurs prolongements protoplasmiques vers la périphérie, leurs prolongements cylindraxiles vers les centres nerveux. Au contraire, tous les *neurones moteurs périphériques*, dans la moelle aussi bien que dans la partie supérieure du névraxe, ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmiques dans l'axe cérébro-spinal et ils envoient leurs prolongements cylindraxiles vers les organes périphériques. De même pour les éléments nerveux demeurant dans les centres où ils naissent et se terminent : *les neurones sensitifs* de l'axe cérébro-spinal ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmiques dans les parties inférieures de cet axe ; ils envoient leurs prolongements cylindraxiles dans les parties supérieures. Inversement, les *neurones moteurs* de ces centres ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmiques dans des centres nerveux supérieurs, et leurs prolongements cylindraxiles s'arborisent dans des centres placés plus bas.

Van Gehuchten a résumé cette disposition typique dans la formule suivante :

« Les *neurones moteurs des centres nerveux* ont leurs cellules en haut ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *ascendants*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *descendants*.

Les *neurones sensitifs des centres nerveux* ont leurs cellules en bas ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *descendants*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *ascendants*.

Les *neurones moteurs périphériques* ont leurs cellules dans l'axe cérébro-spinal ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *centraux*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *périphériques*.

Les *neurones sensitifs périphériques* ont leurs cellules en dehors de l'axe cérébro-spinal ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *périphériques* et leurs prolongements *cylindraxiles centraux*.

Le schéma le plus simple que, grâce à ces données, l'on pourrait construire de tout le système nerveux cérébro-spinal, serait formé *d'éléments nerveux superposés* : tout élément sensitif ayant un prolongement cylindraxile ascendant ou centripète et tout élément moteur un prolongement cylindraxile descendant ou centrifuge. Le contact entre éléments superposés se fait naturellement entre les ramifications cylindraxiles terminales d'un neurone, les ramifications protoplasmiques et le corps cellulaire d'un autre neurone. Ces éléments superposés, reliant l'écorce cérébrale avec les organes périphériques, soit par voie centripète, soit par voie centrifuge, constituent par leur ensemble ce qu'on appelle les *voies longues*. »

La *direction initiale* du prolongement nerveux est surtout fonction des destinations spéciales des *collatérales* qu'émet l'axone sur son parcours. Le *trajet ultérieur* dépend de la *destination finale du cylindraxe*.

La coloration à l'hématoxyline de Delafield montre que les *dendrites* ont une *structure fibrillaire* à direction à peu près parallèle ; en approchant du corps cellulaire ces fibrilles divergent, deviennent plus ondulées, plus lâches et finissent par prendre une situation tangentielle ; elles se distribuent progressivement de la périphérie au centre du cytoplasma. « Jamais on ne constate le passage des fibrilles d'un dendrite à un autre dendrite. Les fascicules fibrillaires deviennent toujours plus lâches et les fibrilles se mêlent confusément aux particules chromatiques. Vers le centre de la cellule le mélange entre les éléments fibrillaires et la partie chromatique est toujours plus intime. Dans le corps du cytoplasma les fibrilles se perdent en un lacis très dense où, comme quelques observations portent à le croire, elles contractent des anastomoses, constituant ainsi un véritable *réticulum*. Le prolongement nerveux, avec des fibrilles plus serrées et plus nettement parallèles, pénètre dans le corps cellulaire sans perdre aussi rapidement que le dendrite son individualité propre. Sur un certain trajet les fibrilles se maintiennent pressées et ne divergent point assez pour laisser place aux granulations chromatiques ; c'est à cette cause qu'est due la formation du cône achromatique d'origine du cylindraxe. Cette disposition nous montre que les *fibrilles du cylindraxe* prennent *naissance*, au moins pour la plus grande part, dans les *parties centrales*, les plus profondes, du *cytoplasma*. Il en résulte que le passage de l'onde nerveuse n'a point lieu directement et individuellement des fibrilles dendritiques aux fibrilles cylindraxiles, mais à travers le *réticulum cellulaire, où les différentes ondes apportées par les dendrites entrent en conflit, où elles subissent une synthèse, dont les produits passent au cylindraxe*. Le *corps cellulaire* n'est donc pas un simple conducteur : c'est un *coordinateur*, un *modificateur de l'onde nerveuse*. »

Ces faits et ces considérations amènent Lugaro à la formule suivante du dynamisme nerveux : « Les synthèses nerveuses s'accomplissent dans le corps cellulaire en procédant des prolongements dendritiques vers le cylindraxe. Cette formule implique en soi la loi de *polarisation dynamique*. » Elle permet en outre d'y faire entrer un autre mode de conduction sur lequel Lugaro a plusieurs fois insisté (1), conduction impliquant la possibilité d'une inversion des courants avec une inversion des effets dynamiques. Nous voulons surtout retenir ici ces deux principes d'une si grande portée pour la psychologie cellulaire : 1° *les synthèses nerveuses ont lieu dans le corps cellulaire ;* 2° *les courants se propagent toujours des prolongements dendritiques au cylindraxe du neurone*.

Les excitants physiologiques, quels qu'ils soient, n'agissent donc que sur les prolongements protoplasmiques et sur le corps cellulaire : ils n'ont aucune action sur les prolongements cylindraxiles ; ceux-ci ne sont

---

(1) V., entre autres Mémoires, l'article de ce savant *Sulle connessioni tra gli elementi nervosi della corteccia cerebellare*. Riv. speriment. di fren., XX, 1894.

influencés que par la cellule dont ils proviennent. De là une distinction physiologique possible des différents éléments nerveux reposant tout entière sur la *direction que prennent les prolongements protoplasmiques et cylindraxiles par rapport à l'axe cérébro-spinal.* Tous les *neurones sensitifs périphériques*, cellules bipolaires de la muqueuse olfactive, du ganglion spiral du nerf acoustique, des ganglions cérébro-spinaux, ont leurs cellules d'origine en dehors de l'axe cérébro-spinal : ils envoient leurs prolongements protoplasmiques vers la périphérie, leurs prolongements cylindraxiles vers les centres nerveux. Au contraire, tous les *neurones moteurs périphériques*, dans la moelle aussi bien que dans la partie supérieure du névraxe, ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmiques dans l'axe cérébro-spinal et ils envoient leurs prolongements cylindraxiles vers les organes périphériques. De même pour les éléments nerveux demeurant dans les centres où ils naissent et se terminent : *les neurones sensitifs* de l'axe cérébro-spinal ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmiques dans les parties inférieures de cet axe ; ils envoient leurs prolongements cylindraxiles dans les parties supérieures. Inversement, les *neurones moteurs* de ces centres ont leurs cellules d'origine et leurs prolongements protoplasmiques dans des centres nerveux supérieurs, et leurs prolongements cylindraxiles s'arborisent dans des centres placés plus bas.

Van Gehuchten a résumé cette disposition typique dans la formule suivante :

« Les *neurones moteurs des centres nerveux* ont leurs cellules en haut ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *ascendants*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *descendants*.

Les *neurones sensitifs des centres nerveux* ont leurs cellules en bas ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *descendants*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *ascendants*.

Les *neurones moteurs périphériques* ont leurs cellules dans l'axe cérébro-spinal ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *centraux*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *périphériques*.

Les *neurones sensitifs périphériques* ont leurs cellules en dehors de l'axe cérébro-spinal ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *périphériques* et leurs prolongements *cylindraxiles centraux*.

Le schéma le plus simple que, grâce à ces données, l'on pourrait construire de tout le système nerveux cérébro-spinal, serait formé *d'éléments nerveux superposés* : tout élément sensitif ayant un prolongement cylindraxile ascendant ou centripète et tout élément moteur un prolongement cylindraxile descendant ou centrifuge. Le contact entre éléments superposés se fait naturellement entre les ramifications cylindraxiles terminales d'un neurone, les ramifications protoplasmiques et le corps cellulaire d'un autre neurone. Ces éléments superposés, reliant l'écorce cérébrale avec les organes périphériques, soit par voie centripète, soit par voie centrifuge, constituent par leur ensemble ce qu'on appelle les *voies longues*. »

Nous parlerons bientôt des *voies courtes* ; elles compliquent beaucoup ce schéma, mais sans en altérer l'unité.

Ainsi, le sens suivant lequel s'exerce la conductibilité varie dans les deux espèces de prolongements d'un neurone. Le *contact utile* entre éléments nerveux, l'articulation (RAMON Y CAJAL) entre neurones superposés, bref, la transmission du courant nerveux d'un élément à un autre élément, a lieu exclusivement entre les arborisations terminales du prolongement axile d'un neurone et les prolongements protoplasmiques ou le corps cellulaire d'un autre neurone. Le prolongement axile (un même neurone pourrait avoir deux, trois et plusieurs cylindraxes ou axones) ne reçoit *jamais* l'ébranlement des ramifications protoplasmiques ni des arborisations cylindraxiles avec lesquelles il entre en contact : il ne propage que l'ébranlement nerveux qui lui arrive de sa cellule d'origine, et il ne le transmet qu'aux dendrites ou aux corps cellulaires d'autres neurones. De même, un prolongement protoplasmique ne transmet jamais à sa cellule que l'ébranlement nerveux qui lui est communiqué par des arborisations cylindraxiles. On conçoit que le principe d'unité relative de conduction nerveuse puisse être désormais invoqué, ce qui était impossible dans la théorie des anastomoses des réseaux diffus de GERLACH ou de GOLGI.

Quant au corps cellulaire du neurone, il conserve sa haute importance physiologique : c'est à lui qu'arrivent les ébranlements nerveux recueillis par les dendrites ou reçus directement par le contact d'arborisations cylindraxiles d'autres neurones voisins : c'est de lui que partent les ébranlements nerveux que propagent le prolongement axile et les ramescences collatérales de cette tige, à la suite soit d'une excitation transmise par les dendrites, soit, comme s'exprime VAN GEHUCHTEN, d' « une modification spéciale survenue directement dans la cellule elle-même ».

C'est encore, il nous semble, avec toute raison, que VAN GEHUCHTEN a établi comme critérium de la nature fonctionnelle d'un prolongement nerveux, abstraction faite des caractères morphologiques, qui sont loin d'être toujours suffisants, le sens ou la direction suivant laquelle il conduit le courant nerveux. Pour les cellules nerveuses unipolaires des invertébrés, les prolongements protoplasmiques seraient remplacés par le corps cellulaire lui-même. C'est ainsi que les prolongements périphériques des cellules des ganglions spinaux doivent être tenus pour des prolongements protoplasmiques. La bipolarité des cellules s'observe chez les embryons de tous les vertébrés, sans exception aucune. Mais l'unipolarité (au moins apparente) qui sort insensiblement de la bipolarité, n'existe pas seulement chez les mammifères, les oiseaux, les reptiles et les amphibiens, comme on l'avait cru pendant longtemps. Après FREUD,

NANSEN, RETZIUS et von LENHOSSEK, un élève de VAN GEHUCHTEN, Is. MARTIN, a observé la transition des cellules bipolaires en cellules unipolaires dans les ganglions des poissons eux-mêmes.

Les ganglions cérébraux se comportent comme les ganglions spinaux. Les nerfs moteurs crâniens, oculo-moteur, trochlearis, abducens, facial, etc., ont dans le cerveau leurs noyaux d'origine, ils sortent de ces cellules motrices pour se rendre aux muscles, comme les nerfs moteurs spinaux des cellules motrices et des racines antérieures. Mais les nerfs crâniens sensibles n'ont pas plus leur origine dans le cerveau que les fibres spinales sensitives n'ont leur origine dans la moelle. Ils pénètrent de leurs ganglions dans le cerveau, mais c'est dans ces ganglions qu'ils ont leurs cellules d'origine : le *ganglion de* GASSER pour la partie sensible du trijumeau, le *ganglion geniculi* pour le *n. intermedius*, les deux ganglions du n. de la VIII[e] paire, le *ganglion jugulare* et le ganglion *nodosum* pour le *n. vague*, le *ganglion jugulare glossopharyngei*, etc.

Le ganglion de GASSER est formé de cellules unipolaires comme les ganglions spinaux. Le prolongement unique de chacune de ces cellules se divise en une fibre *périphérique* et une fibre *centrale*, qui pénètre dans l'axe cérébro-spinal. Arrivées dans l'épaisseur de la protubérance annulaire, toutes les fibres centrales, sensitives, se bifurquent, toujours comme les fibres radiculaires postérieures de la moelle épinière, en une branche ascendante et une branche descendante. Les branches ascendantes, courtes, se terminent dans la masse grise voisine : les branches descendantes, réunies en un faisceau volumineux, traversent la partie inférieure de la protubérance, toute la hauteur de la moelle allongée et une partie de la moelle cervicale, constituant la racine descendante ou sensitive du trijumeau.

La *muqueuse olfactive* représente l'organe d'origine, correspondant à un ganglion spinal, du *nerf olfactif*, c'est-à-dire des prolongements cylindraxiles des cellules bipolaires (car elles sont restées à ce stade) de cette muqueuse, qui, dans les glomérules du bulbe olfactif, s'arborisent avec les prolongements protoplasmiques descendant des cellules mitrales. La cellule mitrale, avec ces prolongements et avec son cylindraxe, qui devient une fibre de la voie olfactive centrale, est le *neurone olfactif central*, comme les cellules bipolaires de la muqueuse olfactive représentent les *neurones olfactifs périphériques*. Dans toute la série des vertébrés, le bulbe olfactif est constitué d'après un même type fondamental (poissons, batraciens, reptiles, oiseaux et mammifères). Réduite presque à ces deux éléments chez les poissons osseux, les batraciens et les reptiles, la structure interne du bulbe olfactif se complique, chez les oiseaux et surtout chez les mammifères, d'un grand nombre d'autres éléments

connus sous le nom de *grains*. Mais le mode d'articulation des éléments nerveux ne laisse pas de varier, et à ces variations structurales correspondent naturellement des modifications fonctionnelles parallèles, si bien que la physiologie comparée du sens le plus anciennement développé, après le toucher, chez les vertébrés, l'olfaction, a ses plus sûrs fondements dans des faits d'anatomie comparative.

Il n'y a point de doute, en effet, que, dans une série d'êtres telle que celle des vertébrés, l'acuité et l'étendue d'un sens ne soit dans un rapport fonctionnel avec les dispositions anatomiques de ses organes périphériques et centraux. Ainsi, chez la plupart des *mammifères*, chaque cellule mitrale ne possède qu'*un* seul prolongement protoplasmique descendant qui se termine dans *un* seul glomérule olfactif; chez les *reptiles* et les *batraciens*, chaque cellule mitrale est pourvue de *deux, trois, quatre*, et même *cinq* prolongements protoplasmiques se ramifiant dans autant de glomérules distincts (P. Ramon); chez les *oiseaux*, il existe des cellules mitrales présentant jusqu'à *vingt* prolongements protoplasmiques s'épanouissant dans autant de glomérules olfactifs. Chez les vertébrés inférieurs chaque cellule mitrale se trouve donc en connexion avec un nombre considérable de neurones périphériques. Chez un certain nombre de *mammifères inférieurs* (chat, rat, souris, lapin), chaque glomérule, qui ne reçoit, nous l'avons dit, que le prolongement protoplasmique descendant d'*une* seule cellule mitrale, peut recevoir, chez le *chien*, le prolongement descendant de *cinq* ou *six* cellules mitrales. « Il s'ensuit, dit van Gehuchten, que, chez le chien, l'ébranlement nerveux recueilli par une seule cellule bipolaire de la muqueuse olfactive peut se transmettre à cinq ou six cellules mitrales et être amené au centre cortical de l'olfaction par cinq ou six fibres nerveuses de la voie olfactive centrale. »

Le bulbe olfactif de l'*homme* n'avait pas encore été étudié par la méthode au chromate d'argent : van Gehuchten a fait connaître les premiers résultats de cette investigation (1). Les cellules de névroglie et les grains présentent dans le bulbe olfactif de l'enfant nouveau-né les mêmes caractères que dans le bulbe des autres mammifères. Il en est de même des autres éléments essentiels de la région olfactive, fibres olfactives périphériques, glomérules, cellules mitrales ; le mode d'*articulation* de ces éléments est aussi identique. Toutefois, le prolongement protoplasmique descendant de quelques cellules mitrales se bifurque en deux branches, et chacune d'elles se termine, par de libres ramifications, dans un glomérule olfactif distinct : certaines cellules mitrales sont donc en rapport

---

(1) *Le bulbe olfactif de l'homme*. Bibliographie anat., juillet-août 1895.

fonctionnel avec *deux* glomérules olfactifs. Mais le plus grand nombre des glomérules ne reçoit qu'*un* seul prolongement protoplasmique ; ils ne sont par conséquent en connexion qu'avec *une* seule cellule mitrale. Dans quelques glomérules olfactifs, on voit pourtant se ramifier les prolongements descendants de *deux, trois,* et même *quatre* cellules mitrales, de sorte que les fibrilles olfactives qui s'arborisent dans ces glomérules y transmettent le courant nerveux à plusieurs cellules mitrales, disposition qui rapprocherait le bulbe olfactif de l'homme de celui du chien.

Le *nerf optique* a également une origine périphérique ; un faisceau de fibres centrifuges va toutefois du cerveau à la rétine ; la rétine est donc reliée par des faisceaux de direction inverse au système nerveux central ; les fibres centripètes, prolongements cylindraxiles des cellules ganglionnaires de la rétine, s'arborisent dans les dendrites des cellules des tubercules quadrijumeaux (Ramon y Cajal, Pedro Ramon, van Gehuchten), entre autres ganglions centraux ; les prolongements nerveux centrifuges naissent de ces cellules et vont se terminer dans les couches profondes de la rétine. Dans le tabes, la rétine se comporte quelquefois comme les ganglions spinaux : c'est que les cellules de ces ganglions correspondent aux cellules de la couche ganglionnaire de la rétine, comme les nerfs sensitifs périphériques correspondent aux neurones qui réunissent les cônes et les bâtonnets aux cellules ganglionnaires de la rétine. Les lésions dégénératives du tabes vont de la périphérie au centre, de la rétine et du nerf optique, par exemple, aux centres optiques primaires (Moxner).

Les éléments nerveux du *sympathique* sont de tous points comparables à ceux du système nerveux cérébro-spinal ; comme ceux-ci, ils possèdent deux sortes de prolongements : des prolongements protoplasmiques (mammifères) et un prolongement cylindraxile. Le nombre des premiers varie ; ils se terminent toujours librement dans l'épaisseur du ganglion lui-même ; le cylindraxe, unique, se continue à l'état de fibre nerveuse, soit amyélinique, soit myélinique.

Les recherches faites avec le chromate d'argent par Kölliker, Ramon y Cajal, Retzius, L. Sala et van Gehuchten, ont appris que les cellules nerveuses qui entrent dans la constitution du système nerveux sympathique présentent, chez tous les mammifères, les mêmes caractères que les cellules nerveuses du système cérébro-spinal. Tout ganglion du système nerveux sympathique est traversé par des faisceaux de fibres nerveuses qui se rendent : *a*) dans un *cordon intermédiaire* (fibres commissurales longitudinales), *b*) dans un *rameau communiquant* (prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses du ganglion lui-même et fibres du système cérébro-spinal traversant le ganglion pour se rendre dans un nerf sympathique périphérique), *c*) dans un *nerf sympathique périphérique*. En

traversant le ganglion sympathique, toutes ces fibres nerveuses émettent des branches collatérales qui s'arborisent entre les cellules du ganglion. Les *nerfs sympathiques périphériques* renferment trois groupes de fibres nerveuses : *a*) des *fibres motrices,* destinées à innerver les muscles lisses des *vaisseaux* (nerfs vaso-moteurs) et des *viscères,* ainsi qu'un certain nombre des muscles striés (muscles du *cœur,* de la partie supérieure de l'*œsophage* et du *pharynx*) ; *b*) des *fibres sécrétoires,* destinées aux glandes annexes du système intestinal et du système urogénital ; *c*) des *fibres sensitives,* qui se terminent soit entre les cellules épithéliales des muqueuses, soit dans la profondeur des parois vasculaires et viscérales, soit entre les éléments constitutifs des glandes.

Il importe de rapprocher de ces généralités les derniers résultats, et comme la philosophie, auxquels est parvenu Kölliker sur l'anatomie fine et la physiologie du système nerveux sympathique (1).

Le système nerveux sympathique n'est qu'un prolongement du système nerveux cérébro-spinal, dépendant étroitement du cerveau et de la moelle épinière par les rapports tout à fait déterminés qu'il soutient avec les nerfs cérébro-spinaux. Il jouit toutefois d'une autonomie particulière qu'il doit à ses nombreux ganglions et aux fibres nerveuses qui en naissent. Le système nerveux sympathique est surtout l'organe des mouvements involontaires, des phénomènes de sécrétion et de nutrition. Les individus élémentaires ou *neurodendrones* qui constituent le « système nerveux ganglionnaire » sont formés d'un corps cellulaire et d'un prolongement nerveux cylindraxile : celui-ci peut demeurer *amyélinique* (*fibres de* Remak) de son origine à sa terminaison, il peut devenir *méylinique* après un trajet plus ou moins long (mammifères), ou, de myélinique, devenir *améylinique* dans son parcours ultérieur (intestins, foie, rate). Les cellules des ganglions sympathiques sont *unipolaires* (amphibiens, reptiles, et sans doute quelques mammifères) ; mais, chez les animaux supérieurs, chez les *mammifères* surtout, prédominent les cellules *multipolaires,* pourvues de nombreux prolongements, dont un seul est nerveux, les autres se ramifiant à proximité et se terminant librement entre les cellules voisines : la conduction du prolongement nerveux est cellulifuge, celle des dendrites cellulipètes. Parmi les fibres du sympathique, Kölliker distingue des fibres motrices *directes* et des fibres motrices *indirectes* : les premières vont aux muscles involontaires (ganglions du cœur, de la paroi musculaire de l'intestin, etc.) ; les secondes, qui n'ont été bien étudiées que dans ces derniers temps, par Ramon y Cajal, Van Gehuchten, v. Lenhossek, Kölliker lui-même, sortent des ganglions sympathiques et se terminent dans d'autres ganglions sympathiques ; la conduction de ces fibres est centrifuge : elles servent à effectuer l'influence réciproque des différentes cellules ganglionnaires les unes sur les autres. Les sensations obscures, éprouvées à l'état normal, sur le mode d'innervation des parties auxquelles se distribuent les fibres du sympathique, Kölliker les rapporte à la fonction de certaines fibres qui, des racines

---

(1) Von Kölliker. *Ueber die feinere Anatomie und die physiologische Bedeutung des sympatischen Nervensystems.* Versamml. deutsch. Naturfoscher u. Aerzte in Wien, sept. 1894. Bericht von Emil Redlich. *Neurol. Centralbl.*, 1894, p. 753.

sensitives des nerfs de la moelle épinière, passent par les *rami communicantes* dans les cordons intermédiaires. L'action exercée par le *cerveau* sur les phénomènes moteurs dans le domaine du sympathique est en partie indirecte, en partie directe. Kölliker distingue, dans le sympathique, des *éléments moteurs cérébro-spinaux* de 1er ordre et des *éléments moteurs sympathiques* de 2e ordre. Quant aux *nerfs vaso-moteurs*, il admet, pour certains organes, l'existence de *vaso-constricteurs* et de *vaso-dilatateurs* spéciaux; dans d'autres un seul et même élément nerveux pourrait déterminer tantôt la contraction, tantôt le relâchement des *muscles vaso-moteurs*. Tous les appareils à motilité automatique et rhythmique sont principalement sous l'influence du système nerveux sympathique. La plupart des fibres de ce système sont bien de nature *motrice*; elles innervent tous les muscles lisses. Il n'est pourtant pas invraisemblable qu'il existe aussi des fibres sympathiques *sensitives* qui jouent un rôle dans les réflexes dont le sympathique est le théâtre. On peut à peu près sûrement affirmer que les fibres sympathiques exercent une influence importante sur le chimisme de certaines glandes. Ainsi tout le système nerveux sympathique apparaît comme une chaîne immense d'individus moteurs (et peut-être sensitifs), en contact par leurs points d'articulation, dont les rapports de dépendance avec les nerfs cérébro-spinaux s'imposent avec évidence. A un point de vue supérieur, le *système nerveux sympathique peut être considéré comme un simple rameau détaché du système nerveux cérébro-spinal.*

Van Gehuchten a cru pouvoir confirmer un fait qui, s'il était établi, serait des plus importants, fait déjà constaté par von Lenhossek et Ramon y Cajal : l'existence de fibres motrices, à conduction cellulifuge, dans les racines postérieures de la moelle épinière. Ces fibres ne tirent pas leur origine des cellules des ganglions spinaux, on le conçoit, mais de cellules qui seraient situées, en nombre très restreint, dans la partie postérieure de la corne antérieure ; ces cellules ressembleraient d'ailleurs, quoique de forme variable, aux grosses cellules des cornes antérieures, aux cellules radiculaires motrices antérieures, avec leurs nombreux prolongements protoplasmiques, dont quelques ramifications peuvent arriver jusque dans la corne antérieure de l'autre côté en traversant la commissure antérieure. Le cylindraxe qui dérive soit du corps, soit d'un rameau protoplasmique de ces cellules « motrices » — cellules radiculaires motrices postérieures — pénètre dans les cornes postérieures et sort par les racines postérieures (1) : van Gehuchten n'a pu poursuivre ce prolongement nerveux jusque dans le ganglion spinal, comme l'ont fait Lenhossek et Cajal.

Relativement à ces observations anatomiques de Ramon y Cajal, von Lenhossek, Van Gehuchten, Retzius, sur ce sujet, c'est-à-dire sur l'existence, dans les *racines postérieures*, chez les vertébrés inférieurs (amphioxus, petromyzon, grenouille, embryon de poulet), de

(1) Van Gehuchten. *Les éléments moteurs des racines postérieures.* Anat., Anzeiger, 1893, 215.

fibres ayant leurs cellules d'origine dans les cellules intraspinales ou endogènes de la moelle épinière, fait qui serait établi par la non-dégénérescence de ces mêmes fibres après une section des racines postérieures, entre le ganglion spinal et la moelle, C. S. SHERRINGTON a constaté que, comme l'avait pensé déjà WALLER, ces fibres n'existent point chez les vertébrés supérieurs (1) : chez un chat et chez deux singes, la section de plusieurs racines postérieures cervicales et thoraciques entre les ganglions et la moelle a été suivie, après quatorze jours, d'une *dégénérescence complète de toutes les fibres* du bout central des racines coupées (2).

STEINACH a soutenu, dans deux travaux, que, dans les racines postérieures de la moelle épinière de la grenouille, passent des *fibres centrifuges* dont l'excitation détermine des mouvements dans la musculature lisse des intestins, de la vessie, etc. HORTON-SMITH qui, sous les auspices de LANGLEY, a recommencé ces expériences en évitant les causes d'erreur, en particulier l'accès de l'air dans les entrailles, lequel suffit pour produire des mouvements autopéristaltiques, n'a pu confirmer les faits décrits par STEINACH. Dans 150 expériences, il ne lui est pas arrivé une seule fois, même en appliquant aux racines postérieures des excitations intenses, de provoquer des mouvements de l'intestin, de la vessie, etc. Il conclut en conséquence que les observations de STEINACH reposent en réalité sur l' « autopéristaltisme » et que les racines postérieures n'ont aucune part à l'innervation motrice

---

(1) C. S. SHERRINGTON. *On the question, whether any fibres of the mammalian dorsal (afferent) spinal root are of intraspinal origine*. Journ. of physiolog., XXI, 209.

(2) D'après la loi de BELL, les racines postérieures fournissent exclusivement des fibres pour la conduction des impressions de la sensibilité générale. En 1889, RAMON Y CAJAL découvrit chez un poussin des fibres dans les racines postérieures un peu plus épaisses que celles qui les entouraient, qui ne se divisaient ni ne s'arborisaient, et qui pouvaient être suivies jusqu'à la limite des cornes antérieures. Il ne parvint pas à découvrir l'origine ni la terminaison de ces fibres. Presque en même temps et indépendamment de CAJAL, v. LENHOSSEK trouva l'origine de ces fibres : *des cellules radiculaires postérieures, situées dans la région postérieure de la corne antérieure*, cellules dont le prolongement cylindraxile se dirige directement en arrière, envoient ce cylindraxe, fibre radiculaire postérieure, dans un ganglion spinal ; il le traverse sans contracter de rapport avec les cellules de ce ganglion.

VAN GEHUCHTEN et RETZIUS constatèrent plus tard, chez le jeune poulet, l'existence de ces cellules et leur attribuèrent le rôle de cellules motrices à action centrifuge.

KÖLLIKER rechercha ensuite les mêmes fibres chez les mammifères et chez l'homme, mais sans succès.

MAX JOSEPH sectionna, chez le chat, les racines postérieures entre la moelle épinière et le ganglion spinal : il trouva, dans le *bout central*, au milieu de fibres dégénérées, un certain nombre de fibres non dégénérées ; il en conclut que ces fibres avaient leur centre trophique dans les cellules de la moelle épinière.

SINGER et MÜNZER ne partagèrent pas les idées de JOSEPH. La question demeura en souffrance. L'auteur d'un travail sur ces cellules radiculaires postérieures, publié dans les *Archives italiennes de biologie* (XXVI, 1896), sectionna, chez des chiens, les racines postérieures entre le ganglion spinal et la moelle épinière et soumit les deux bouts à un examen approfondi : dans le bout périphérique aucune fibre n'avait dégénéré ; dans le bout central aucune fibre n'était restée intacte ; il en inféra que les fibres décrites par JOSEPH chez le chat n'existaient pas chez le chien. Après destruction de la substance grise des cornes antérieures, l'examen des racines postérieures des paires voisines ne lui montra point davantage de fibres dégénérées. Il nie donc l'existence de fibres à conduction centrifuge dans les cornes postérieures du chien adulte. Les expériences (stimulation électrique) instituées par plusieurs physiologistes n'ont produit jusqu'ici aucun résultat de nature à permettre d'affirmer qu'il existe une exception à la loi de BELL.

de ces viscères (1). Les mouvements de l'œsophage, de l'estomac, de l'intestin grêle, du gros intestin dans sa partie supérieure sont plutôt uniquement innervés par le vague, ceux de la partie inférieure du gros intestin par la racine antérieure du neuvième nerf spinal, ceux du rectum par les racines antérieures du neuvième et du dixième nerf spinal, ceux de la vessie par les racines antérieures des septième, neuvième et dixième nerfs spinaux. Chez les mammifères, LANGLEY et ANDERSON ont montré que la vessie est innervée par des fibres lombaires qui passent par les *nervi communicantes* du sympathique et par des nerfs sacrés qui passent par les *nervi erigentes*. L'innervation de la vessie chez la grenouille correspond de tous points à celle des mammifères et l'analogie est intéressante : la racine antérieure du septième nerf spinal envoie ses fibres vésicales par la voie du sympathique, tandis que celles des neuvième et dixième nerfs passent par celle du *nervus erigens*. S'il n'existe pas de *fibres viscérales centrifuges des racines postérieures*, la loi de BELL ne subit pas moins une atteinte chez la grenouille : des fibres nerveuses motrices sortent des racines postérieures qui, selon HORTON-SMITH, vont se distribuer à la *musculature du squelette*. Ce sont sans doute ces fibres que RAMON Y CAJAL, entre autres auteurs, a signalées dans l'embryon du poulet ; ces auteurs auraient vu, en effet, des cylindraxes partis des cellules des cornes antérieures pénétrer dans les racines postérieures.

Chez la grenouille les *fibres motrices des racines postérieures* ne sont pas toujours observables : HORTON-SMITH les a distinguées le plus fréquemment dans la racine postérieure du huitième nerf, plus rarement dans celles du neuvième et du septième, jamais dans celles du sixième ou du dixième. Les muscles auxquels ces fibres se distribuent ne seraient pas non plus toujours les mêmes : le *semimembranosus* recevrait sa principale innervation de cette source, mais quelquefois aussi le *flexor digitorum*, le *gastrocnemius*, le *rectus femoris*, l'*obliquus abdominis*.

C'est surtout pour l'anatomie des centres nerveux, a écrit VAN GEHUCHTEN, dans une étude sur la moelle épinière des Reptiles, qu'il est vrai de dire que « l'anatomie comparée doit éclairer l'anatomie humaine ». La moelle épinière des reptiles, moins connue jusqu'ici que celle des poissons, des batraciens, des oiseaux et des mammifères, présente des différences de structure qui ne peuvent manquer d'éclairer l'histoire comparée de cette province du névraxe chez les autres vertébrés. Avant ce travail (2), dont les matériaux proviennent d'embryons de couleuvre de 8 à 10 centimètres de longueur, il n'existait, relativement à la classe des reptiles, qu'un travail de RAMON Y CAJAL (*La medula espinal de los reptiles*, Barcelone, 1891) sur la moelle épinière de *Lacerta agilis* et des observations de RETZIUS sur la moelle d'embryons du même représentant des ophidiens qu'a étudié VAN GEHUCHTEN, le *Tropidonotus natrix*.

Au sujet des ganglions spinaux et cérébraux, on voit figurer, dans les magnifiques

(1) J. HORTON-SMITH. *On efferent fibres in the posterior roots of the frog*. Journal of phys., XXI, 101. Référat dans : *Neurol. Centralbl.*, 1877, p. 403 (W. COHNSTEIN).

(2) *Contribution à l'étude de la moelle épinière chez les vertébrés (Tropidonotus natrix)*. Extrait de la revue La Cellule. Louvain, 1896, avec 4 planches.

planches de ce mémoire, quelques types de *cellules multipolaires*, pourvues de prolongements protoplasmiques épais, courts et très peu ramifiés, qui se distinguent nettement, à ce stade de développement, c'est-à-dire chez des embryons de 10 centimètres de longueur, des cellules bipolaires et unipolaires des ganglions spinaux. L'existence de cellules multipolaires dans les ganglions spinaux a été signalée pour la première fois par Disse (1893), Ramon y Cajal (1893), von Lenhossek (1894) ; Retzius, Spirlas, Dogiel, les ont également observées. Quelle est la signification biologique de ces prolongements? Ce sont, pour Van Gehuchten, qui partage à cet égard l'opinion de Disse et de von Lenhossek, des prolongements protoplasmiques, des dendrites. Ces prolongements rudimentaires semblent n'avoir qu'une existence temporaire au cours du développement embryonnaire et paraissent destinés à disparaître chez l'adulte ; on ne les a vus jusqu'ici que sur des cellules de jeunes larves de grenouilles et d'embryons de reptiles, d'oiseaux et de mammifères. Personne, à l'exception de Dogiel, n'a signalé l'existence de cellules multipolaires dans les ganglions spinaux de vertébrés adultes. Cette sorte d'écart apparent du type cellulaire auquel appartiennent les cellules nerveuses des ganglions spinaux et cérébraux n'est peut-être qu'un souvenir ancestral rappelant la communauté d'origine de ces neurones avec ceux du reste du système nerveux central. « Nous savons, en effet, écrit van Gehuchten, par les recherches embryologiques de His, Balfour, Beard, et von Lenhossek, que les ganglions spinaux appartiennent, de par leur origine, au système nerveux central. Les cellules des ganglions spinaux et les cellules nerveuses de la moelle ont la même origine ectodermique ; elles proviennent des éléments constitutifs de la gouttière médullaire primitive ; mais tandis que les cellules du névraxe conservent leur emplacement primitif, les cellules constitutives des ganglions spinaux quittent le névraxe au moment de la fermeture du canal médullaire, pour aller constituer les masses ganglionnaires d'où sortiront plus tard les *ganglions spinaux* et même, d'après His, toutes les cellules constitutives des *ganglions sympathiques*. A ce moment du développement embryologique, toutes les cellules nerveuses ont la même forme : ce sont toutes des cellules sphériques, des *cellules germinatives* (His), se transformant insensiblement en *neuroblastes* ou en *ganglioblastes*. Mais, tandis que les neuroblastes de la *moelle* et les ganglioblastes des *ganglions sympathiques* se transforment en cellules multipolaires, les ganglioblastes des *ganglions spinaux* se transformeront en cellules opposito-bipolaires. Les cellules des ganglions spinaux présentent donc une évolution tout à fait particulière. Nous ignorons les motifs de cette différenciation spéciale. Mais il ne peut paraître étrange que, parmi ces nombreuses cellules nerveuses se transformant en cellules bipolaires, l'une ou l'autre commence par suivre, pendant quelque temps, l'évolution que subissent en définitive toutes les cellules de l'axe cérébro-spinal et toutes celles du système nerveux sympathique. Cette évolution d'une cellule des ganglions spinaux vers une cellule multipolaire n'est jamais franche : ce n'est généralement qu'une *légère ébauche*, qui ne persiste même pas d'une façon définitive, puisque, dans le développement ultérieur, la cellule semble vouloir réparer son *erreur* en devenant cellule bipolaire comme les autres. C'est là, croyons-nous, la véritable explication de ces cellules multipolaires. »

Ramon y Cajal, van Gehuchten ne l'a su que plus tard, avait émis une opinion analogue, dès 1893, sur la nature en quelque sorte caduque de ces prolongements rudimentaires des cellules bipolaires des ganglions spinaux : ils disparaissent au cours de la transformation de ces cellules bipolaires en cellules unipolaires. Dogiel a vu persister quelques-unes de

ces cellules multipolaires dans des ganglions spinaux de mammifères adultes. Mais l'explication de ces prolongements donnée par VAN GEHUCHTEN subsiste et demeure. Ces observations sur la structure élémentaire des ganglions spinaux des reptiles, jointes à celles de DISSE sur celles des ganglions des larves de batraciens et de LENHOSSEK sur les embryons d'oiseaux, établissent, en tout cas, qu'à côté des cellules bipolaires et unipolaires, avec les formes intermédiaires, on peut aussi rencontrer dans ces ganglions de véritables cellules multipolaires, « dont les unes présentent les deux prolongements typiques, central et périphérique, avec quelques prolongements protoplasmiques surnuméraires, tandis que les autres sont pourvues de trois prolongements nerveux, dont un central et deux périphériques ». Quant aux racines postérieures, dès leur entrée dans la moelle épinière les fibres des racines postérieures de Tropidonotus se divisent bien, selon la loi commune, en un *faisceau externe* de fibres grêles et en un *faisceau interne* de fibres beaucoup plus volumineuses : mais ici les *collatérales réflexo-motrices* de CAJAL proviennent, non du faisceau interne, comme dans la moelle épinière des oiseaux et des mammifères, mais des fibres radiculaires du *faisceau externe*. Toutes les cellules nerveuses de la substance grise de la moelle épinière de cette couleuvre appartiennent au groupe des cellules nerveuses à cylindraxe long : VAN GEHUCHTEN n'y a point rencontré de cellules nerveuses à cylindraxe court, ou cellules de GOLGI, dont l'existence a été signalée par presque tous les auteurs dans la substance grise des cornes postérieures chez les oiseaux et les mammifères.

L'étude des *cellules des différents cordons* de la moelle épinière, des *prolongements cylindraxiles* et surtout de leurs *collatérales* n'est pas moins instructive. Les cellules des *cordons hétéromères* ou *cellules commissurales*, dont le prolongement cylindraxile passe par la commissure antérieure de la moelle pour se rendre dans le cordon antéro-latéral du côté opposé, ont frappé VAN GEHUCHTEN par la richesse de leurs dendrites, dont les ramifications envahissent des régions étendues de la moelle. Comment se comportent les cylindraxes de ces cellules commissurales à leur arrivée dans la substance blanche du cordon antéro-latéral du côté opposé ? « Des coupes longitudinales et frontales passant par la *commissure blanche antérieure* montrent, en toute évidence, qu'arrivés dans la partie interne du *cordon antérieur*, ces prolongements cylindraxiles se bifurquent généralement en deux branches d'égale épaisseur, dont l'une devient une *fibre ascendante* et l'autre une *fibre descendante* de la moelle. Quelquefois cependant le prolongement cylindraxile se recourbe simplement, sans se diviser, soit en bas, soit en haut. » Les cellules des *cordons tautomères*, ou cellules des cordons proprement dits, dont les prolongements cylindraxiles restent

dans la substance blanche de la moitié correspondante de la moelle, se divisent, on le sait, en deux groupes : 1° cellules qui envoient leurs cylindraxes dans la substance blanche du *cordon antéro-latéral*, que ces fibres constituent ; 2° cellules qui envoient leurs cylindraxes dans la substance blanche du *cordon postérieur*. Les premières sont de volume excessivement variable ; entre les deux extrêmes, toutes les formes intermédiaires. Arrivés dans la substance blanche du *cordon antéro-latéral*, les prolongements cylindraxiles de ces cellules nerveuses se bifurquent aussi le plus souvent en une branche ascendante et en une branche descendante ; quelquefois encore ils se recourbent pour devenir une fibre constitutive de ce cordon. Van Gehuchten a trouvé extrêmement nombreuses dans la moelle épinière de ces ophidiens les *cellules des cordons postérieurs* dont les prolongements cylindraxiles se rendent dans ce faisceau. Ces cellules occupent exclusivement la substance grise de la corne postérieure : « Ce sont des cellules à corps petit, pourvu d'un petit nombre de prolongements protoplasmiques, et dont les prolongements cylindraxiles, minces et délicats, se rendent après un trajet plus ou moins flexueux dans toutes les régions du *cordon postérieur*. » Arrivés dans le cordon postérieur, ces prolongements cylindraxiles ou se bifurquent en deux branches ascendante et descendante, ou se recourbent dans la substance blanche. L'importance spéciale de ces cellules nerveuses méritait d'être mise en lumière. Chez la *couleuvre* au moins, « une assez bonne partie des fibres des *cordons postérieurs ne représentent pas les branches de bifurcation des fibres radiculaires postérieures*. » Il paraît en être de même chez l'*oiseau* (Cajal). Dans la moelle épinière des *mammifères*, au contraire, le nombre de ces fibres d'origine endogène est beaucoup plus réduit : « De toutes les cellules des cordons de la moelle épinière, dit von Lenhossek, les moins nombreuses, et de beaucoup, sont celles dont le prolongement nerveux devient une fibre des cordons postérieurs... En dehors des fibres radiculaires postérieures, quelques cellules nerveuses des cornes postérieures participent sans nul doute par leurs prolongements cylindraxiles à la formation des cordons postérieurs ; mais, à en juger par leur nombre restreint, cette participation ne peut certainement être que très peu considérable (1). »

Enfin, van Gehuchten a rencontré dans ces coupes quelques-unes de ces cellules commissurales appartenant au groupe de ses *cellules hécatomères* (cellules commissurales bilatérales de Lenhossek), dont le prolongement cylindraxile se bifurque dans la substance grise pour donner

---

(1) Von Lenhossek. *Der feinere Bau des Nervensystems*, 2 Aufl., 1895, 354.

naissance à deux branches dont l'une se rend dans le cordon latéral du même côté de la moelle, tandis que l'autre passe par la commissure antérieure dans le cordon antéro-latéral du côté opposé.

Toutes les régions de la substance grise de la moelle étaient en quelque sorte remplies par un feutrage de branches collatérales et terminales des fibres de ces différents cordons. A leur entrée dans la substance grise, les collatérales présentaient d'abord toutes un trajet rectiligne, sans divisions. C'est seulement quand ces collatérales avaient pénétré dans les régions centrales de la substance grise qu'elles se divisaient et se subdivisaient d'une manière plus ou moins complexe. Chacune de ces collatérales se terminait, chez ces embryons, qu'elles fussent nées des fibres des cordons antéro-latéraux ou des cordons postérieurs, par ce petit épaississement triangulaire ou fusiforme qu'on retrouve à l'extrémité libre de presque toute collatérale en voie de développement et qui représente, pour ces ramuscules, le cône de croissance du prolongement cylindraxile découvert par Ramon y Cajal. Les collatérales des cordons antéro-latéraux semblaient attirées vers les régions médianes de la substance grise de la moelle épinière ; les collatérales des cordons postérieurs s'arrêtaient dans la substance grise de la partie dorsale des cornes postérieures. En même temps qu'elles s'allongent, les collatérales commencent à émettre de petites branches latérales ; leurs cônes de croissance diminuent et tendent à disparaître, mais successivement, dans des moelles d'embryons de plus en plus âgés.

Cette étude embryologique du mode de développement des collatérales a pu servir encore à trancher la question de l'existence ou de la non-existence d'anastomoses entre les ramifications cylindraxiles dans la substance grise du système nerveux central. Cette question, en effet, que l'on croyait éteinte, couve toujours comme le feu sous la cendre. D'anastomoses, il n'en existe point : sur les coupes faites dans les moelles de ces embryons de couleuvre, on voit à l'évidence chacune des collatérales se terminer par un cône de croissance, nous le répétons. Chez ceux des embryons où les collatérales ont atteint leur développement complet, il en est de même : les divisions et subdivisions de leurs plus fines ramifications se terminent toujours librement.

Van Gehuchten a divisé les faisceaux nerveux du névraxe en *voies longues* et en *voies courtes*. Les premières, reliant l'écorce cérébrale avec les organes périphériques, soit par voies centripètes, soit par voies centrifuges, comprennent la *voie motrice* ou des pyramides, la *voie sensitive* ou des fibres du ruban de Reil, les fibres des *pédoncules cérébelleux inférieurs* et *supérieurs*, y compris le faisceau *cortico-protubérantiel*. Les secondes, formées d'éléments nerveux à prolongement axile relativement

court, soit ascendant, soit descendant, ne sortent pas de l'axe cérébro-spinal. Placés à tous les niveaux du névraxe, moelle épinière, moelle allongée, protubérance annulaire, cerveau moyen, ces neurones comprennent les fibres du *faisceau fondamental des trois paires de cordons de la moelle épinière (antérieur, latéral, postérieur)*, et celles du *faisceau longitudinal postérieur*, les *fibres commissurales du corps calleux*, de la *commissure blanche antérieure*, des *fibres d'association*, longues et courtes, des *hémisphères cérébraux*. VAN GEHUCHTEN s'est demandé si ces éléments des *voies courtes* sont des neurones moteurs ou des neurones sensitifs : « Ce sont peut-être des *neurones mixtes*, des *neurones neutres*, ayant pour fonction de relier entre eux soit des éléments moteurs, soit des éléments sensitifs, et de répartir ainsi sur une étendue un peu plus considérable l'ébranlement recueilli par leurs prolongements protoplasmiques. » Les prolongements cylindraxiles de ces neurones « neutres » constituent les *fibres commissurales*, soit les fibres commissurales *longitudinales* (BOUCHARD) qui existent en nombre incalculable dans la *moelle épinière*, la *moelle allongée*, la *protubérance annulaire* et le *cerveau moyen*, soit les *fibres commissurales transversales*, qui forment une partie notable de la substance blanche du *cervelet* et du *cerveau antérieur*.

La théorie des neurones s'est, on le voit, étendue à l'interprétation des fonctions du système nerveux tout entier.

J'estime que VAN GEHUCHTEN n'a montré, dans tous ses ouvrages, autant de pénétration et de largeur d'esprit que parce qu'il domine la matière si vaste de l'anatomie, entièrement renouvelée, du système nerveux. Et, comme l'événement l'a prouvé, ce n'est pas seulement l'anatomie, c'est la physiologie du système nerveux qui est sortie transformée de ces révélations. A côté de GOLGI, de RAMON Y CAJAL, de KÖLLIKER, de LENHOSSEK et de RETZIUS, le nom de GEHUCHTEN figurera parmi ceux des réformateurs de l'anatomie du système nerveux. Le principe de la contiguïté, partout substitué à celui de la continuité dans les rapports des éléments du système nerveux, avait fermé « l'ère des anastomoses ». Les réseaux nerveux diffus avaient été dissociés en individus organiques indépendants, dont les extrémités se terminent librement, présentant bien plus l'aspect d'un feutrage que celui d'un réseau aux mailles ininterrompues. Désormais la cellule nerveuse, avec ses dendrites et son cylindraxe aux branches collatérales plus ou moins nombreuses et étendues, apparaît comme un seul et unique élément, qu'il s'agisse du système nerveux cérébro-spinal ou du système sympathique. Enfin, la cellule nerveuse, *centre fonctionnel* du neurone, est aussi le *centre histogénétique* et le *centre trophique* de cet organite. L'action trophique de la cellule s'exerce non seulement sur le prolongement cylindraxile, mais

sur le prolongement protoplasmique : tout nerf périphérique de sensibilité, considéré comme un prolongement protoplasmique, dégénère en effet après une section qui le sépare de sa cellule d'origine dans un ganglion spinal.

Voici l'interprétation physiologique que donne VAN GEHUCHTEN lui-même (1897) de la structure et du mécanisme de la moelle épinière.

Des ramifications d'une *fibre sensitive*, se terminant par des arborisations libres, soit entre les rangées épithéliales de l'épiderme et des muqueuses, soit dans les parties internes du corps (muscles, os, périoste, viscères, etc.), l'excitation est transmise tout d'abord à la cellule du *ganglion spinal* à laquelle appartient la fibre excitée : elle passe de là dans le *prolongement central* ou cylindraxile de cette cellule nerveuse et, par une *racine postérieure*, cette fibre radiculaire postérieure arrive dans la moelle épinière où elle constitue une fibre du cordon postérieur d'origine exogène. Si cette fibre du cordon postérieur est une *voie courte*, elle pourra transmettre l'ébranlement nerveux, par ses branches collatérales et par ses branches terminales, à quelques cellules radiculaires des cornes antérieures, cellules endogènes, placées au même niveau de la moelle : ces cellules produiront une contraction musculaire périphérique dans le voisinage du point excité ; c'est là un *réflexe simple*. Si la fibre du cordon postérieur est au contraire une *voie longue*, l'ébranlement nerveux pourra déterminer deux sortes de réflexes : 1° un *réflexe* encore *simple*, s'il se réfléchit, par les collatérales, à quelques cellules radiculaires motrices de la moelle situées au même niveau ; 2° un *réflexe plus complexe* si, parcourant toute la longueur de la fibre radiculaire postérieure, l'ébranlement se transmet, par le canal d'un grand nombre de branches collatérales, à un nombre plus ou moins considérable de cellules radiculaires, endogènes, des cornes antérieures du centre médullaire. Enfin l'excitation périphérique amenée à la moelle par une fibre des racines postérieures peut se propager jusqu'à la partie inférieure de la *moelle allongée*, au niveau de la *clava*, à un second neurone à cylindraxe ascendant, et arriver ainsi jusque dans l'*écorce cérébrale* de l'hémisphère du côté opposé, soit par *voie directe*, soit par *voie indirecte*, en passant par la *couche optique*. Cette excitation produira alors une *sensation*.

Quel est le rôle des collatérales dans cette transmission des impressions sensitives des milieux externe et interne ?

On est frappé du grand nombre de ces rameaux qu'émettent, sur leur trajet, les fibres de la substance blanche, ascendantes ou descendantes. Une fibre longue des racines postérieures d'un nerf sacré, en traversant toute la moelle épinière pour aller se terminer dans les masses grises constituant la *clava* à la face postérieure de la moelle allongée, émet sur toute son étendue des collatérales qui se terminent à tous les niveaux de la substance grise voisine : des *collatérales longues, sensitivo-motrices*, dans le voisinage de son point de bifurcation, des *collatérales courtes* sur tout le reste de son trajet. D'autre part, le prolongement cylindraxile d'une cellule pyramidale de l'écorce cérébrale émet des branches collatérales sur tout son parcours à travers la substance blanche de l'hémisphère

cérébral, la capsule interne, le pied du pédoncule cérébral, la protubérance annulaire, la moelle allongée et la moelle épinière jusqu'à son arborisation terminale au voisinage des cellules radiculaires de la moelle lombo-sacrée, si la cellule d'origine était située dans le lobule paracentral. « Il n'est pas possible d'admettre qu'un ébranlement nerveux, venu de la cellule corticale motrice pour se transmettre à des cellules radiculaires des cornes antérieures de la moelle sacrée parcoure toutes les branches collatérales du prolongement cylindraxile de cette cellule nerveuse. S'il en était ainsi, l'ébranlement devrait se transmettre à toutes les *cellules radiculaires antérieures* et à toutes les *cellules des cordons* des différentes parties de l'axe cérébro-spinal avec lesquelles ces collatérales arrivent en contact. De même, une excitation périphérique qui parcourt une *fibre longue* des *cordons postérieurs* pour se transmettre à un élément nerveux de la moelle allongée qui la conduira jusqu'à l'écorce cérébrale, doit éviter les branches collatérales qui naissent de cette fibre pendant son trajet dans le cordon postérieur : s'il en était autrement, l'excitation périphérique devrait se transmettre, dans la moelle, à un grand nombre de cellules radiculaires antérieures et de cellules des cordons.

« Ce qui est certain, c'est que les collatérales existent.

« Peut-être l'ébranlement nerveux qu'une cellule transmet à son prolongement cylindraxile a-t-il pour tendance de ne parcourir, dans les circonstances ordinaires, que le prolongement cylindraxile lui-même, d'éviter toutes les voies collatérales, et de ne pouvoir être transmis à un élément voisin que par les ramifications terminales. Dans ce cas, les *ramifications collatérales* devraient être considérées comme des *voies supplémentaires* que l'ébranlement nerveux n'utilisera que dans certaines circonstances données ».

Telle est l'hypothèse de van Gehuchten sur les fonctions physiologiques des collatérales.

La substance achromatique de la cellule nerveuse n'est point formée exclusivement de fibrilles, comme l'admettent Benda, Nissl, Becker, Dogiel, Lugaro et Lévi. « *La structure réticulée de la partie active achromatique du protoplasma des cellules nerveuses* reste la conclusion à laquelle nous ont conduit, dit van Gehuchten, toutes les recherches que nous avons entreprises en ces derniers temps sur l'anatomie fine de la cellule nerveuse (1). » Ce *réseau protoplasmique* existe sans doute dans tout le corps de la cellule nerveuse ; il existe aussi dans les prolongements : mais

(1) A. van Gehuchten. *L'Anatomie fine de la cellule nerveuse*. Rapport présenté au XIIe Congrès international de médecine tenu à Moscou, 1897. Louvain, 1897.

ici les points nodaux des mailles de ce réseau, superposés en séries plus ou moins régulières, donnent à ces prolongements un aspect fibrillaire. Ce réseau achromatique représente le véritable protoplasma de la cellule nerveuse : « Ce qui le prouve, c'est que la partie achromatique de la cellule nerveuse forme à elle seule le corps cellulaire de toutes les cellules nerveuses dépourvues de substance chromatique que NISSL a réunies sous le nom de *cellules karyochromes* ». C'est dans ce protoplasma cellulaire ainsi constitué que vient se déposer la substance chromatique. Ce dépôt se fait, d'après VAN GEHUCHTEN, sur la *partie organisée*, c'est-à-dire sur le réticulum (masse filaire de FLEMMING, réticulum plastinien de CARNOY). Cette substance chimique spéciale, sensible aux couleurs basiques d'aniline, imprègne d'abord les *points nodaux* du réseau. A d'autres endroits, la substance chromatique imprègne aussi les *trabécules* qui partent des points nodaux. Si l'incrustation par la substance chromatique se fait sur un grand nombre de trabécules et de points nodaux voisins, toutes ces parties épaisses finissent par se rapprocher plus ou moins et par donner naissance à un *bloc chromatique*. « Celui-ci ne sera pas homogène, puisque les mailles du réticulum, considérablement réduites, ne sont pas occupées entièrement par la substance chromatique : les mailles claires au sein du bloc chromatique représentent les *vacuoles* décrites par DE QUERVAIN, NISSL et von LENHOSSEK. Le bloc chromatique n'aura pas non plus de contours réguliers, parce que de tout son pourtour on verra partir de petites trabécules légèrement imprégnées par la substance chromatique et qui vont se perdre dans les traînées achromatiques voisines. Si cette incrustation par la substance chromatique devient plus abondante encore, les points nodaux et les trabécules arriveront en contact et produiront un élément chromatophile ou bloc chromatique teinté uniformément par le bleu de méthylène et, en apparence, homogène. » La *partie achromatique du protoplasma* est celle qui, selon toutes les probabilités, sert, au moins par la *partie organisée* (réseau protoplasmique et fibrilles), à la *transmission de l'influx nerveux*. La *partie chromatique* semble représenter en réalité une matière de réserve accumulée dans le corps cellulaire pendant son état de repos et destinée à être utilisée par le neurone durant son état d'activité.

Cette conception de la structure du protoplasma des cellules nerveuses à laquelle VAN GEHUCHTEN a été conduit par ses recherches personnelles ne s'accorde pas seulement de tous points avec la doctrine de RAMON Y CAJAL sur le même sujet : elle se rapproche aussi beaucoup, suivant le professeur de Louvain, des idées de FLEMMING. Car la structure fibrillaire de FLEMMING ne serait surtout apparente que dans les prolongements protoplasmiques et cylindraxiles. Dans le corps cellulaire, ces fibrilles,

a écrit Flemming lui-même, semblent se transformer en un *réseau* dont les filaments seraient répartis « d'après les trois dimensions » (1). « Les éléments chromatophiles ne sont donc pas complètement indépendants, dit van Gehuchten, de la substance achromatique, et ils ne sont pas exclusivement formés par des granulations chromatiques unies entre elles par une substance amorphe, comme le pensent Nissl, Becker, von Lenhossek et Lugaro ; mais dans la constitution de chaque élément chromatophile, quelque petit qu'il soit, intervient une partie du réseau protoplasmique. Ce réseau forme en quelque sorte la charpente du *bloc chromatique*. Ce sont les *points nodaux* et les *trabécules* de ce *réseau* qui, en s'imprégnant et en s'incrustant de substance chromatique, s'épaississent, se rencontrent, se fusionnent et produisent les éléments chromatophiles de forme et de grandeur variées. »

En se fondant sur les recherches de Lugaro, de Flemming, de von Lenhossek et de Marinesco, mais particulièrement sur ses propres observations, van Gehuchten a pu constater, pour le protoplasma des cellules des ganglions spinaux, la même *structure réticulée* qu'il a décrite pour le protoplasma des cellules motrices. Reinke et Dogiel admettent au contraire une structure fibrillaire. Les recherches de van Gehuchten sur ces neurones, encore incomplètes il y a quelques mois, sont, aujourd'hui, beaucoup plus avancées. Ce qui différencie, au regard des cellules motrices, les cellules des ganglions cérébro-spinaux, c'est que la substance chromatique y est généralement peu abondante, quoiqu'elle le soit davantage chez certains mammifères (lapin, chien, chat) que chez d'autres (bœuf, homme). Quelle que soit d'ailleurs la forme sous laquelle se présente la substance chromatique dans les cellules des ganglions spinaux, les éléments chromatophiles de ces cellules possèdent la même valeur *morphologique* et *fonctionnelle* que les blocs chromatiques des cellules motrices : « 1° Dans les *cellules des ganglions spinaux* excessivement riches en substance chromatique, les éléments chromatophiles prennent très souvent la forme, le volume et tous les autres caractères morphologiques des éléments chromatophiles des *cellules motrices*; la cellule des ganglions spinaux ressemble alors morphologiquement au corps d'une cellule motrice, abstraction faite des prolongements protoplasmiques ; 2° Quand, dans une *cellule motrice*, la substance chromatique diminue considérablement, comme cela s'observe dans certains stades consécutifs à la section

(1) W. Flemming. *Ueber die Struktur centraler Nervenzellen bei Wirbelthieren*. Anat. Hefte, 1896, 567. Referate und Beiträge zur Anatomie und Entewickelungsges. herausg. von Fr. Merkel und R. Bonnet, I Abth, vi Bd. Wiesb., 1896.

expérimentale du nerf périphérique, par suite de la désagrégation et surtout de la dissolution des blocs chromatiques, il arrive un moment où tout le corps cellulaire se trouve parsemé de fines granulations chromatiques. *La cellule motrice ressemble alors en tous points à une cellule des ganglions cérébro-spinaux.* »

En employant la double coloration à l'érythrosine et au bleu de méthylène, Van Gehuchten a pu se convaincre que le *cône d'origine du prolongement unique* des cellules nerveuses des ganglions cérébro-spinaux est complètement dépourvu de granules chromatophiles. Il se range à cet égard du côté de Benda (1886), Simarro (1890), Schaffer (1893), Nissl (1894), Flemming (1895), von Lenhossek, Ramon y Cajal, Lugaro, Marinesco. Quant à la structure du cône d'origine, à la fine striation du prolongement axile de ce cône « polaire » (Flemming), aperçue par Reinke, Flemming, Cajal, von Lenhossek, Held, Dogiel, Lugaro et Marinesco, la « structure fibrillaire » n'a point paru évidente à Van Gehuchten sur des coupes provenant des pièces fixées dans l'alcool à 96° et colorées à la fois par l'érythrosine et le bleu de méthylène. Il a écrit, toutefois, que « ce cône présente une structure nettement fibrillaire ; les fibrilles qui le constituent s'écartent les unes des autres à leur entrée dans le corps cellulaire pour se continuer avec les trabécules du réseau protoplasmique ». Mais si le cône d'origine de l'axone est constamment achromatique dans les cellules des ganglions spinaux, cette structure « peut faire défaut aux cellules motrices », et « elle manque le plus souvent pour toutes les autres cellules du névraxe ». Dogiel admet d'ailleurs que pour les cellules des ganglions sympathiques et pour les cellules ganglionnaires de la rétine, le cône d'origine de l'axone est pourvu de granulations chromatiques comme les cônes d'origine des prolongements protoplasmiques (1). Enfin, le cône d'origine (*Ursprungshügel*) fait défaut, dit von Lenhossek, aux cellules de Purkinje du cervelet et aux cellules pyramidales de l'écorce du télencéphale. A son tour, Van Gehuchten se montre sceptique quant à l'absence totale, érigée en règle absolue, de substance chromatique dans la partie du corps cellulaire immédiatement voisine du point d'origine de l'axone, sinon dans les cellules des ganglions cérébro-spinaux, du moins dans les cellules motrices du névraxe : « Nous avons étudié des centaines de coupes de diverses parties du névraxe colorées à la fois par le bleu de méthylène, qui met en relief la substance chromatique, et par l'érythrosine, qui colore intensément la substance achromatique, et ce n'est que dans de rares cas que nous avons pu établir, avec quelque certitude, lequel des prolongements de la cellule nerveuse devait être considéré comme le prolongement cylindraxile. »

Les cellules nerveuses constituant un ganglion spinal présentent une diversité de types très grande. A côté de cellules fixant avidement le bleu de méthylène dans tout leur corps protoplasmique, d'autres demeurent plus ou moins claires ; d'où la distinction déjà ancienne de ces cellules en deux groupes : *éléments chromophiles* et *éléments chromophobes* (Flesch), ou *cellules obscures* et *cellules claires* (Lugaro). Mais, au contraire des premières, dont les caractères sont approximativement les mêmes, les cellules claires présentent une variabilité extrême. Marinesco y a distingué trois groupes cellulaires. Lugaro et Len-

---

(1) Dogiel. *Zur Frage über den feineren Bau des sympathischen Nervensystems bei den Säugethieren.* Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46, 1895, 330. *Die Structur der Nervenzellen der Retina.* Ibid., 408.

HOSSEK en ont décrit quatre dans les ganglions du chien et de l'homme. Ce nombre paraît plus considérable encore dans les ganglions du lapin, qu'ont surtout étudiés MM. VAN GEHUCHTEN et CH. NELIS. Au moyen d'un fixateur, le liquide de GILSON, qui ne rétracte ni ne déforme le protoplasma des cellules de ces ganglions, lesquelles remplissent complètement la capsule endothéliale, on distingue nettement, en négligeant un grand nombre de formes intermédiaires, outre l'aspect et le volume des *cellules claires*, si différentes à cet égard des *cellules obscures*, un certain nombre de types bien accusés : 1° type de cellules excessivement pauvres en éléments chromatophiles ; 2° type cellulaire où les éléments chromatophiles, au contraire très volumineux, fusiformes, sont concentriquement disposés autour du noyau ; 3° type cellulaire où les éléments chromatiques, amassés presque exclusivement autour du noyau, forment un *anneau chromatique périnucléaire* ; 4° type cellulaire, plus rare encore que le précédent, où deux zones d'éléments chromatiques sont séparées l'une de l'autre par une large bande de protoplasma incolore ; 5° et 6° deux types cellulaires des plus fréquents, aussi bien que des plus volumineux, et, quoique riches en éléments chromatophiles, appartenant toujours au groupe des cellules claires des ganglions spinaux. Dans l'un comme dans l'autre type, les granulations chromatiques font complètement défaut dans la couche périphérique du protoplasma cellulaire ; c'est là d'ailleurs un caractère propre à presque toutes les cellules claires. Un dernier type de ces cellules nerveuses serait représenté par des éléments où existeraient, chez l'animal vivant, un certain nombre de vacuoles.

Ces divers types cellulaires des ganglions spinaux correspondent-ils à autant de types d'éléments nerveux physiologiquement différents (LUGARO) ? Ne s'agit-il que de simples états fonctionnels différents d'un même neurone (NISSL) ? « Les recherches expérimentales seules, écrivent VAN GEHUCHTEN et NELIS, seraient en état de nous renseigner à cet égard. Pour notre part, nous croyons cependant ne pas nous tromper en attribuant une *valeur physiologique différente* au moins aux trois types cellulaires les plus caractéristiques : les *cellules obscures*, les *cellules claires à couches concentriques*, et toutes les autres *cellules claires* (1). »

La couche périphérique des *cellules claires* complètement dépourvue de granulations chromatiques est tout à fait propre à l'avancement de la question de la structure de la substance achromatique du protoplasma de la cellule nerveuse. LUGARO et MARINESCO ont vu, dans cette partie achromatique, sur des cellules frappées de chromatolyse périphérique déterminée par l'intoxication arsenicale, des fibrilles anastomosées en réseau. VAN GEHUCHTEN est arrivé de son côté, par l'étude des cellules motrices, à nettement apercevoir la structure réticulée du protoplasma cellulaire. FLEMMING lui-même a confirmé l'existence de cette morphologie. La structure du réseau à mailles polygonales de la partie achromatique du protoplasma cellulaire apparaît ici manifeste sur des préparations colorées à la fois par le bleu de toluidine et l'érythrosine : « Ce réseau protoplasmique, qui existe indubitablement dans toutes nos préparations, diffère

---

(1) VAN GEHUCHTEN et CH. NELIS. *Quelques points concernant la structure des cellules des ganglions spinaux*. Extr. du Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique, séance du 26 mars 1898, p. 6.

totalement des fibrilles courtes, flexueuses, irrégulières et indépendantes décrites et figurées par Flemming ; il diffère également du réseau représenté par Dogiel. Il est beaucoup plus régulier que celui que Lugaro a observé dans ses préparations. Il se rapproche davantage du réseau figuré par Marinesco dans les cellules des ganglions spinaux. »

Enfin, l'aspect sous lequel se présente, dans ces préparations, le *cône d'origine* de l'axone du neurone, région achromatique de la cellule, rappelle celui qu'avaient décrit Held et Dogiel : « Ce cône d'origine de l'axone offre encore une particularité intéressante, déjà signalée par von Lenhossek : il traverse la couche de protoplasma achromatique sans présenter, d'une manière visible au moins, de connexion avec les trabécules du réseau achromatique. Arrivé dans la partie périphérique de la zone centrale de protoplasma pourvue de granulations chromatiques, il s'y termine par une base légèrement bombée, sans que nous ayons pu établir les connexions qui pourraient exister entre les stries granuleuses du cône et le protoplasma cellulaire. »

Sur des coupes fixées par l'alcool ou le sublimé corrosif et colorées par les couleurs basiques d'aniline, van Gehuchten a vu le *noyau* des cellules somatochromes (cellules motrices, cellules des ganglions spinaux) nettement séparé du cytoplasma ambiant par une membrane, le centre de ce noyau occupé par un nucléole volumineux, le plus souvent unique, d'apparence homogène, fixant énergiquement les couleurs d'aniline, et où apparaissent parfois de petites taches claires signalées par Nissl, Cajal et Lenhossek. Sur des coupes colorées au bleu de méthylène, on discerne quelques trabécules irrégulières et anastomosées entre elles qui du pourtour du noyau se rendent vers la face profonde de la membrane nucléaire : cette « partie organisée » du karyoplasma se colore vivement par l'éosine ou par l'érythrosine. Ce réseau nucléaire forme des mailles très larges et irrégulières, occupées par un liquide incolore. Le nucléole est basophile, le réseau karyoplasmatique est acidophile.

Les recherches contemporaines ont établi que la section du cylindraxe d'un neurone ne détermine pas seulement une dégénération secondaire du bout périphérique (loi de Waller), mais une dégénérescence plus tardive du bout central (Bergmann, Darkschewitsch, Mayer, etc.). De plus, la section périphérique d'un nerf entraîne des altérations manifestes et constantes dans les cellules d'origine des fibres du nerf sectionné : ces altérations centrales des cellules motrices avaient été vues depuis longtemps (Gudden, Forel, von Monakow), mais les premières recherches précises sur leur nature et sur leur localisation exactes sont dues à Nissl (1892). Les résultats des expériences instituées par van Gehuchten sur les modifications provoquées dans les cellules nerveuses motrices par

la section ou la ligature d'un nerf périphérique concordent, pour l'essentiel, avec ceux de NISSL, de MARINESCO, de LUGARO, de FLATAU et de COLENBRANDER : ces expériences ont porté principalement sur les cellules d'origine du nerf hypoglosse et du nerf pneumo-gastrique après la section de ces deux nerfs dans la région cervicale (lapin).

« De l'étude attentive que nous avons faite de ces modifications aux différentes époques consécutives à la section du nerf, dit VAN GEHUCHTEN, nous croyons pouvoir conclure que la modification principale, sinon unique, consiste dans *la dissolution de la substance chromatique*. Cette dissolution commence au centre même de la cellule nerveuse et, de là, progresse dans les couches les plus périphériques, jusque dans les prolongements protoplasmatiques. Elle a pour conséquence immédiate la désagrégation *apparente* des éléments chromatophiles et le gonflement ou mieux la turgescence plus ou moins considérable du corps cellulaire. Cette dissolution de la substance chromatique semble débuter d'une façon assez brusque ; le gonflement de la partie centrale du corps cellulaire qui en est la conséquence réagit sur le noyau, et celui-ci, comme un corps étranger, se trouve refoulé dans les couches périphériques. »

Toutes les cellules du noyau d'origine d'un nerf sont atteintes de chromatolyse lorsque toutes ses fibres constituantes ont été sectionnées. Si les modifications que présentent la substance chromatique des cellules d'un noyau d'origine d'un nerf ne se manifestent pas au même instant et avec la même intensité dans tous ces neurones, quarante à quarante-huit heures après la section, ce qui est un effet de l'inégale résistance de chacun de ces individus nerveux, au sixième jour, toutes les cellules présentent le même degré de chromatolyse. Si NISSL a vu des cellules complètement intactes à côté d'autres en apparence complètement désorganisées, dans le noyau du facial, dix jours après la section du nerf, c'est que les fibres des cellules intactes n'avaient pas été sectionnées, NISSL ayant probablement coupé le facial à son passage à travers la glande parotide ou directement au sortir du tronc stylomastoïdien ; à ce niveau, le nerf facial a déjà abandonné quelques-unes de ses fibres constitutives. Jusqu'au quinzième jour après la section du nerf hypoglosse, époque où la « phase de réaction » est à son maximum, tous les phénomènes suivants augmentent : dissolution de la substance chromatique, turgence de la cellule nerveuse, refoulement passif du noyau dans des couches périphériques, où il peut même faire saillie. Ces cellules ont alors l'aspect de vésicules plus ou moins transparentes. Alors commence la « phase de réparation » : les éléments chromatophiles réapparaissent en même temps que le noyau reprend sa place au centre du corps cellulaire et que celui-ci diminue de volume. Cette phase, de beaucoup la plus longue, n'évolue pas également vite pour toutes les cellules nerveuses d'un noyau ; elles présentent au contraire à cet égard « les différences les

plus profondes ». Quatre-vingt-douze jours après la section, ces neurones ne sont pas encore revenus à leur état normal; pendant toute la durée de cette phase, ils possèdent une richesse extrême de blocs chromatiques (état pyknomorphe). Le noyau semble être demeuré intact : il ne fait que se déplacer passivement au début de la phase de dissolution des éléments chromatophiles pour revenir insensiblement à sa position primitive.

La section expérimentale d'un nerf moteur périphérique est suivie, d'après Forel, Nissl, de la destruction complète des cellules ou d'un certain nombre des cellules d'origine de ce nerf, constituant son noyau. Von Lenhossek suppose que les excitations qui continuent à arriver à ces cellules, soit par les fibres cortico-spinales, soit par les fibres réflexes des cordons postérieurs, exercent une influence nuisible, et finalement fatale, sur la vie de ces neurones, incapables de décharger, sous l'incitation de ces stimulations incessantes, leur énergie fonctionnelle.

Si cette opinion était véritable, van Gehuchten fait observer que toutes les cellules d'origine d'un nerf moteur sectionné devraient disparaître, puisque tous ces neurones se trouvent dans le même état et subissent les mêmes effets. Si cette opinion n'est pas vraie de toutes les cellules, l'est-elle au moins de quelques-unes ? Rien n'est moins prouvé. Sur des lapins tués quarante-huit jours après la section des deux troncs supérieurs du plexus brachial, Colenbrander n'a pas constaté que le nombre des cellules nerveuses de la corne antérieure du côté lésé eût diminué. Sur des coupes du noyau d'origine du nerf hypoglosse, sectionné depuis cinquante-deux jours, van Gehuchten n'a pu trouver de différences manifestes entre le nombre des cellules du noyau sain et du noyau lésé. Sur des coupes provenant des noyaux d'origine du nerf oculo-moteur commun d'un lapin tué un an après la section du nerf, il eût été difficile d'affirmer que les cellules du noyau lésé fussent moins nombreuses que celles du noyau sain. L'impression de van Gehuchten est toutefois qu'il y a bien, selon toute apparence, dans le noyau du côté lésé, « une certaine diminution du nombre des cellules nerveuses ». Alors même qu'il en serait ainsi, ce fait ne résulterait pas, selon van Gehuchten, des troubles fonctionnels consécutifs à la section du nerf; il l'attribuerait bien plutôt à une expulsion complète du noyau hors du corps cellulaire au cours de la phase de chromatolyse cytoplasmique, accident non encore dûment observé.

« Pour nous, écrit l'éminent anatomiste de Louvain, les modifications qui surviennent dans une cellule nerveuse à la suite de la section de son cylindraxe ne sont pas aussi profondes et ne sont pas si importantes, au point de vue fonctionnel du neurone, que les auteurs le croient généralement. Ce ne sont pas des *phénomènes régressifs*, comme Nissl les appelle ; ce sont encore moins des *phénomènes de dégénérescence*, ainsi que semble

le faire supposer la dénomination de *dégénérescence de* Nissl sous laquelle Marinesco les désigne. Elles constituent à nos yeux la simple manifestation extérieure d'un trouble cellulaire qui n'intéresse en définitive que la substance chromatique. Celle-ci se dissout plus ou moins rapidement dans le protoplasma cellulaire ; cette dissolution entraîne, comme phénomènes passifs, une turgescence considérable du corps cellulaire ainsi qu'un déplacement du noyau. *L'élément constituant principal de la cellule nerveuse, le réseau protoplasmique, se conserve intact.* Ces modifications survenant dans la substance chromatique sont uniquement la conséquence immédiate de la section de l'axone. Le prolongement cylindraxile d'une cellule nerveuse forme une partie intégrante du neurone : ce prolongement se trouve, au point de vue génétique, nutritif et fonctionnel, sous la dépendance immédiate de la cellule nerveuse. La section de ce prolongement cylindraxile trouble profondément le neurone dans son unité anatomique et fonctionnelle. Rien d'étonnant que la cellule nerveuse d'où dépend cet axone se ressente quelque peu de cette amputation. *La dissolution de la substance chromatique doit donc être regardée comme la manière spéciale dont la cellule nerveuse réagit vis-à-vis d'une lésion périphérique.* Nous pouvons donc en conclure que cette *substance chromatique* elle-même doit jouer un rôle important dans la conservation anatomique du neurone ; elle représente peut-être une substance chimique spéciale que la cellule a en réserve et qui lui est indispensable pour entretenir son intégrité anatomique. »

Mais cette dissolution de la substance chromatique n'entraîne pas la mort de la cellule nerveuse. « Ce qui prouve bien d'ailleurs que les cellules d'origine d'un nerf sectionné ne dégénèrent pas, ce sont des recherches expérimentales faites entre autres par Vanlair. Ces recherches montrent que le nerf sectionné peut se régénérer dans la totalité si on le met dans certaines conditions qui favorisent ce travail de régénération. Ce sont encore des observations cliniques incontestables qui ont prouvé que l'avivement et les sutures consécutives des deux bouts d'un nerf sectionné chez l'homme peut encore amener la reconstitution de ce nerf, même si la section pathologique a persisté pendant plusieurs mois. *Cette régénération du nerf serait absolument impossible si les cellules d'origine des fibres constitutives de ce nerf avaient été envahies par la dégénérescence.* » Alors même que, comme dans les cas de polynévrites, la lésion du nerf périphérique, au lieu d'être brusque, ainsi que dans la section ou dans la ligature, se développe lentement, les phénomènes de chromatolyse des cellules correspondantes des cornes antérieures de la moelle (Flemming, Ballet et Dutil) prouvent encore que, dans ce cas aussi, la dissolution de la substance chromatique n'est qu'un phénomène qui peut persister pendant plusieurs mois sans amener la dégénérescence des neurones. « La chromatolyse d'une cellule nerveuse peut donc être un phénomène important au point de vue des recherches *anatomiques*, écrit van Gehuchten. Grâce à elle nous avons entre les mains un moyen précieux qui permettra d'aborder avec succès l'étude si importante des localisations des cellules nerveuses dans la substance grise de la moelle épinière (Sano).

Mais, au point de vue *physiologique* et *pathologique*, cette chromatolyse ne présente rien de spécial, rien de spécifique ; c'est un simple trouble de la cellule nerveuse qui se produit infailliblement chaque fois qu'un obstacle quelconque s'oppose au fonctionnement normal du neurone, quels que soient d'ailleurs le siège et la nature de cet obstacle. »

Van Gehuchten a repris méthodiquement, avec un de ses élèves, M. Nélis, l'étude des altérations des *cellules des ganglions spinaux* consécutives aux lésions (section ou ligature) du prolongement périphérique de ces neurones. Sur tous les animaux (lapin), ayant subi la section du nerf hypoglosse pour l'étude des altérations cellulaires qui succèdent à la section d'un nerf moteur, les auteurs ont coupé également le nerf pneumogastrique et le nerf sympathique du côté correspondant. Le ganglion plexiforme du pneumogastrique fut choisi comme ganglion d'étude. La section du nerf vague fut pratiquée dans la région cervicale, environ à deux centimètres au-dessous de l'extrémité inférieure de ce ganglion : la chromatolyse des cellules d'origine y fut déjà manifeste 32 et même 24 heures après l'opération. Quatre ou cinq jours après, ces neurones avaient l'aspect de vésicules claires, uniformément teintes en bleu par la couleur d'aniline ; le corps cellulaire était augmenté de volume ; le noyau était en ectopie. Les phénomènes de chromatolyse atteignirent le maximum vers le quinzième jour. Dans cette phase de dissolution des éléments chromatophiles, les cellules des ganglions spinaux se comportent comme les cellules motrices. Mais, au lieu d'entrer, comme ces dernières, à partir du quinzième jour, dans la phase de reconstitution des blocs chromatiques, les cellules des ganglions spinaux versent dans la phase de destruction ou de dégénérescence ; tous ces neurones sont destinés à disparaître.

Voici, d'après van Gehuchten, l'aspect que présente la coupe d'un ganglion plexiforme normal comparé à la coupe d'un ganglion provenant d'un animal tué quatre-vingt-douze jours après la section du nerf vague : dans le ganglion normal, les cellules sont nombreuses, serrées les unes contre les autres, et le tissu conjonctif interposé est peu abondant ; inversement, dans le ganglion sectionné, de larges travées de tissu conjonctif séparent un petit nombre de cellules intactes. « Il existe donc une différence profonde entre la manière dont une cellule motrice de la corne antérieure de la moelle et une cellule d'un ganglion spinal réagissent à la section de leur prolongement périphérique. »

A quelle cause attribuer cette « différence profonde » ? C'est là, van Gehuchten l'a très bien compris, un des problèmes les plus importants de la physiologie et de la pathologie des neurones. Lugaro, dans ses belles recherches sur les phénomènes déterminés dans les cellules des

ganglions spinaux par la lésion de leurs prolongements périphérique et central, était arrivé à conclure que, si la section de la branche périphérique amène la dégénérescence rapide et la mort de la cellule d'origine, celle de la branche centrale n'altère guère que passagèrement la structure normale de ce neurone (1896). La seule cause possible de la réaction si différente au même traumatisme expérimental des cellules radiculaires des cornes antérieures de la moelle et des cellules des ganglions spinaux, il la faut chercher, selon van Gehuchten, dans l'action trophique qu'exercent sur ces deux espèces de neurones les excitations qui leur sont transmises. Dans son étude sur les atrophies secondaires observées dans la moelle épinière des anciens amputés, Marinesco a le premier émis l'idée que les cellules nerveuses des cornes antérieures de la moelle ne conservent leur intégrité anatomique que pour autant qu'elles continuent à recevoir, d'une manière permanente, les excitations fonctionnelles que leur envoient les collatérales des prolongements des racines postérieures (1892) (1). Goldscheider admettait en outre que des excitations fonctionnelles, nécessaires à la vie de ces neurones, pouvaient également leur venir par le canal des faisceaux pyramidaux des centres nerveux supérieurs. Bref, depuis ces doctrines, il est permis de croire que l'entretien et la persistance de la vie d'un neurone, de sa structure et de ses fonctions, sont liés à l'action trophique qu'exercent sur cet élément nerveux les excitations physiologiques habituelles qu'il reçoit.

Cela posé, « si la *cellule motrice se régénère*, c'est qu'elle reste sous l'influence de l'action trophique qu'exercent sur elle les ramifications cylindraxiles des cellules nerveuses avec lesquelles elle est en contact. Si la *cellule des ganglions spinaux dégénère et disparaît*, c'est que, à la fin de la phase de dissolution de la substance chromatique, au moment où cette cellule devrait entrer dans la période de réparation, l'action trophique qu'exercent sur elle les excitations du dehors lui fait défaut. La *cellule d'origine d'un neurone moteur périphérique* présente donc de la chroma-

---

(1) L'excitation périphérique qui provoque l'activité du neurone détermine aussi sa *nutrition*. Nothnagel s'était déjà montré partisan de cette manière de voir en 1869 (*). Mais déjà, l'année précédente, Mayet, bien plus explicite, soutenait la même thèse : « Les *nerfs trophiques* n'ont jamais été matériellement démontrés. On n'a admis leur existence qu'en raison d'une pure hypothèse ; n'est-il pas plus logique et plus conforme à l'observation rigoureuse d'attribuer l'influence sur la nutrition aux nerfs dont l'existence est démontrée par l'anatomie et n'est pas admise en vertu d'une simple vue de l'esprit et pour le besoin d'une théorie ? Au lieu de recourir à l'hypothèse des nerfs trophiques, ne peut-on raisonnablement admettre que la nutrition des tissus sensibles est liée dans une certaine mesure à *l'intégrité et à l'état physiologique normal des nerfs de la sensibilité* (1868) ? »

(*) V. les indications bibliographiques dans Brissaud. *La métamérie spinale [et céphalique] et la distribution périphérique du zona*, Bulletin méd., 1896, p. 91.

tolyse parce que la section de son prolongement cylindraxile constitue pour elle une mutilation grave qu'elle tâchera de réparer. Ce travail de réparation pourra s'effectuer parce que cette cellule reste sous l'influence qu'exercent sur elle les neurones avec lesquels elle est en contact. La *cellule d'origine d'un neurone sensible périphérique* présente également de la chromatolyse à la suite de la section de son prolongement périphérique, parce que cette section constitue pour elle une mutilation grave. Mais le travail de réparation est devenu impossible pour elle parce que, à côté de la mutilation que ce neurone a subie, il se trouve encore privé de l'action trophique qu'exerçaient sur lui les excitations du dehors. » Et ici van Gehuchten trouve encore la confirmation de cette interprétation du mécanisme des troubles cellulaires si différents qu'offrent les cellules motrices des cornes antérieures et les cellules sensitives des ganglions spinaux, à la suite de la section de leur prolongement périphérique, dans les expériences de Lugaro relatives à la section de la branche centrale des cellules des ganglions spinaux, ou des racines postérieures : « La section du prolongement interne des cellules des ganglions spinaux met ces cellules dans la même situation anatomique et fonctionnelle que celle qui est faite aux cellules motrices après la section du nerf périphérique. Dans les deux cas, les cellules présentent de la chromatolyse. Mais ces cellules se conservent et redeviennent normales parce qu'elles restent sous l'influence de l'action trophique qu'exercent sur elles soit les fibres centrales, soit les fibres périphériques. »

Les cellules du noyau dorsal du pneumogastrique, noyau sensitif, se comportent, après la section de leurs prolongements axiles, comme les cellules du ganglion plexiforme. Après un stade de chromatolyse intense, elles ne se régénèrent pas : elles dégénèrent et disparaissent. Ainsi, alors que le noyau dorsal du côté sain apparaît formé d'un grand nombre de cellules nerveuses, le noyau dorsal du côté lésé est réduit à quelques cellules éparses. Enfin la section intracrânienne du nerf acoustique a montré à van Gehuchten que toutes les cellules d'origine de ce nerf, voire quelques-unes des grosses cellules de la formation réticulaire, étaient en chromatolyse : « *La section d'un nerf sensible périphérique ne retentit donc pas seulement sur les cellules d'origine de ce nerf : elle retentit également sur la constitution de la cellule du second neurone avec laquelle les fibres du nerf périphérique arrivent en contact,* preuve indiscutable, nous semble-t-il, que les neurones superposés exercent l'un sur l'autre une *action trophique,* et que cette influence est indispensable à la conservation de leur *intégrité anatomique* et *fonctionnelle,* absolument comme les cellules de la corne antérieure exercent une action trophique sur les muscles périphériques. »

Tous ces faits nous semblent d'une importance extrême pour la physiologie normale et pathologique du système nerveux central. La continuité de la vie apparaît comme une fonction de la constance des excitations du protoplasma cellulaire. La suppression, pathologique ou expérimentale, des stimulations du milieu interne ou externe de l'organisme, aura pour effet le ralentissement de la nutrition, les troubles trophiques les plus graves, la dégénérescence et la mort du neurone périphérique. Car c'est du dehors, c'est-à-dire du milieu externe, que vient au neurone l'influence trophique qui est la condition de sa persistance dans l'être. La dégénérescence du neurone sensible de premier ordre entraîne l'atrophie du neurone de deuxième ordre et de troisième ordre. Puis apparaît la dégénération du neurone moteur et celle des muscles auxquels se distribuaient les arborisations cylindraxiles de son prolongement radiculaire. « Je pense, donc je suis », a dit DESCARTES. Il serait aussi exact de dire, selon VAN GEHUCHTEN : « Je suis ou je vis, donc je suis excité ».

En résumé, quelle que soit la lésion, anatomique ou fonctionnelle, qui retentit sur une cellule nerveuse somatochrome, ce neurone y répond toujours par une réaction initiale identique : la dissolution de ses éléments chromatophiles, la chromatolyse. Tant que le trouble cellulaire ainsi produit ne dépasse pas cette limite, il est réparable ; la cellule peut revenir à l'état normal. Mais si la lésion intéresse à la fois les *éléments chromatiques* et le *réseau protoplasmique,* la cellule dégénère et disparaît. Il reste aux recherches futures à établir si l'état de chromatolyse d'une cellule nerveuse est compatible avec celui de son fonctionnement normal.

La chromatolyse, considérée par NISSL comme une transformation granuleuse (*eine körnerartige Umwandlung*), comme une désagrégation, une fragmentation des blocs chromatiques ; par MARINESCO, comme une dissolution de la substance chromatique au sein du protoplasma cellulaire, puis plus tard comme une désagrégation ou une désintégration, est donc pour VAN GEHUCHTEN une véritable *dissolution* de la *substance chromatique* au sein du protoplasma : « Cette dissolution n'atteint pas tout l'élément chromatophile, mais simplement la substance chromatique qui imprègne ou qui incruste à ce niveau les trabécules et les points nodaux du réseau protoplasmique. Il s'ensuit que, quand la substance chromatique est dissoute, il persiste la partie du réseau protoplasmique qui constituait la charpente de l'élément chromatophile. Ce qui prouve bien que la *chromatolyse* ne consiste pas seulement dans la désagrégation des éléments chromatophiles, mais bien dans la *dissolution de leur substance chromatique dans l'enchylème du protoplasma cellulaire,* c'est que, à partir du troisième jour qui suit la section, le bleu de méthylène commence à colorer plus ou moins intensément la partie achromatique de la cellule nerveuse.

Cette sensibilité de la partie achromatique vis-à-vis du bleu de méthylène augmente au fur et à mesure que les éléments chromatiques disparaissent. C'est elle qui est la cause principale de l'*état de chromophilie* que présentent pendant un certain temps les cellules du nerf lésé. Elle n'est donc nullement l'indice d'une lésion de la partie achromatique, comme Lugaro semble disposé à le croire (1) ».

La chromatolyse, avons-nous rappelé, s'accompagne de *gonflement du corps cellulaire* et de *l'ectopie du noyau*.

D'accord avec Nissl à cet égard, van Gehuchten place au troisième ou quatrième jour qui suit la section de l'axone l'augmentation de volume de la cellule nerveuse; cette turgescence du cytoplasma serait la conséquence immédiate de la dissolution de la substance chromatique, ou chromatolyse. Le volume de la cellule croît en même temps que progresse la chromatolyse ; ce phénomène caractéristique de la *phase de réaction* (Marinesco) ou *phase de dissolution des éléments chromatiques* (van Gehuchten) atteindrait son maximum quinze jours environ après le traumatisme du prolongement nerveux. A partir du quinzième jour, la cellule lésée entrerait dans la *phase de réparation* (Marinesco) ou *phase de reformation des éléments chromatophiles*. Alors la cellule hypertrophiée diminue progressivement de volume, mais avec une lenteur telle que, même 92 jours après la section, la cellule n'est pas encore revenue à son volume normal. Les nouveaux éléments chromatophiles sont remarquables par leur abondance autant que par leur volume. Van Gehuchten reconnaît d'ailleurs qu'il est difficile de décider lequel des deux phénomènes de chromatolyse et de gonflement cellulaire est le plus précoce : « L'observation microscopique semble établir que la chromatolyse précède le gonflement du corps de la cellule nerveuse, mais il est très bien possible que, en réalité, l'ordre d'apparition des phénomènes soit inverse. »

Quant au déplacement du noyau, van Gehuchten le considère maintenant comme un phénomène purement passif : il est la conséquence de la chromatolyse brusque qui se fait au centre du protoplasma cellulaire, chromatolyse entraînant une turgescence plus ou moins rapide du corps cellulaire et une propulsion passive du noyau vers la zone périphérique. Ce qui confirme van Gehuchten dans cette manière de voir, c'est que dans les cas où la chromatolyse est moins énergique, lorsqu'un nerf moteur, par exemple, a été simplement ligaturé ou comprimé, mais non sectionné, le déplacement peut faire défaut. Le plus souvent le noyau s'arrête dans la couche périphérique du corps cellulaire, où quelquefois il fait saillie en dehors ; il peut s'enfoncer dans la base d'un prolongement protoplasmique ; si le mouvement de propulsion est assez violent pour le rejeter au dehors du corps cellulaire, la cellule nerveuse dégénère et périt fatalement.

Quelle est la nature de ces *modifications cellulaires*, chromatolyse, gonflement cellulaire, ectopie du noyau ?

Considérées par Nissl comme des phénomènes *régressifs*, par Lugaro comme des phénomènes de *dégénérescence*, comme *lésions secondaires* par Marinesco, van Gehuchten ne voit point de *lésions* à proprement parler dans ces modifications : toute la réaction cellulaire consiste dans une dissolution des éléments chromatophiles. Ce ne sont ni des phénomènes régressifs, ni des phénomènes de dégénérescence, puisque « ces modifications

---

(1) Van Gehuchten. *Bibliographie anatomique*, 1897, 252.

ne retentissent pas sur l'élément constituant principal du protoplasma cellulaire et qu'ils sont, de plus, rapidement réparables ». Le retour des cellules motrices de l'état de chromatolyse à l'état normal ne dépend pas de processus de réparation du nerf périphérique. Dans ses expériences, où le nerf de l'hypoglosse n'était pas seulement sectionné, mais excisé sur une longueur d'un demi-centimètre environ, Van Gehuchten a vu les cellules d'origine revenir à l'état normal, quoique le bout central du nerf fût demeuré séparé du bout périphérique : « Le phénomène de chromatolyse qui surgit dans une cellule motrice, à la suite de la section de son axone, doit donc être regardé comme une modification cellulaire de peu d'importance au point de vue de la vie de la cellule nerveuse. »

La chromatolyse peut se présenter au moins sous trois types différents : le *type périphérique*, le *type périnucléaire* et le *type diffus*.

Les substances toxiques, les intoxications aiguës et chroniques, les infections, les troubles circulatoires, agissant de la périphérie au centre du cytoplasma, déterminent, dans beaucoup de cas, a écrit Marinesco, une *chromatolyse périphérique* : elle appartient en propre aux *lésions primitives* ; on ne la rencontre jamais dans les lésions consécutives aux sections nerveuses, ou *lésions secondaires*. Dans les lésions secondaires, la chromatolyse est *centrale*, elle est *périphérique* dans les lésions primitives. Le type de la chromatolyse permettrait donc d'établir la nature primitive ou secondaire de la lésion.

Van Gehuchten adopte en principe cette règle ; elle n'a cependant pour lui rien d'absolu.

La chromatolyse que déterminent les modifications primitives des cellules nerveuses ne diffère pas autrement de celle qui est la suite des modifications secondaires. L'identification des deux processus peut même être poussée fort loin puisque, dans les lésions primitives graves, comme dans les lésions secondaires profondes, on peut observer le déplacement du noyau du centre vers les couches périphériques. Marinesco, Ballet, Dutil, etc., ont constaté le phénomène de la chromatolyse des cellules des cornes antérieures de la moelle dans des cas de polynévrite datant de plusieurs mois. Flatau et Sano ont observé des cellules motrices de la moelle lombo-sacrée en chromatolyse chez des individus morts, trois, cinq et même sept mois après l'amputation. Mais ces phénomènes ne paraissent pas à van Gehuchten devoir être attribués uniquement à la section des nerfs périphériques. « Car, dit-il, si cette section était *seule* en cause, nous avons tout lieu de croire que les cellules motrices du névraxe de l'homme auraient dû se comporter comme les cellules motrices d'un mammifère après la section expérimentale d'un nerf périphérique ; elles auraient dû passer depuis longtemps déjà de la phase de dissolution à la phase de reformation des éléments chromatophiles. » Il doit donc avoir existé, dans l'organisme des amputés, une cause autre que celle de la section du nerf qui explique la persistance de cette chromatolyse. Le phénomène de la chromatolyse ne se produit pas, en effet, exclusivement à la suite d'un traumatisme portant sur l'axone d'une cellule nerveuse ; il se manifeste encore dans une foule d'autres circonstances : troubles de la circulation, intoxications aiguës et chroniques,

inanition, rupture de connexions interneuroniques de ganglions ou centres nerveux anatomiquement et fonctionnellement associés (1).

L'apparition du phénomène de la chromatolyse dans des cellules qui, sans avoir subi aucun traumatisme de l'axone ni été exposées à aucune cause d'intoxication ou d'infection, ont été simplement soustraites aux causes d'excitation physiologique de leur protoplasma, a pu être expérimentalement constatée par VAN GEHUCHTEN.

Si l'on examine des coupes de la moelle allongée d'un lapin quelques jours après la section du *nerf pneumogastrique,* on trouve en chromatolyse, non seulement les cellules du *noyau ambigu,* qui sont les cellules d'origine des fibres motrices, mais les cellules du *noyau dorsal* du pneumogastrique, qui est un noyau sensitif : « ce *noyau dorsal* représente la masse grise du névraxe dans laquelle se terminent les fibres sensitives du nerf pneumogastrique sectionné et dans laquelle se trouvent les cellules d'origine des fibres de la voie sensitive centrale correspondante ». Or les neurones du *noyau dorsal* n'ont pas été directement atteints par le traumatisme. Si la section du nerf pneumogastrique affecte ainsi indirectement les cellules du noyau dorsal, c'est que, du fait de cette section, ces neurones sont désormais soustraits aux excitations du monde extérieur et condamnés à l'inactivité. VAN GEHUCHTEN rappelle que SCHAFFER a signalé l'existence d'une atrophie manifeste de la corne antérieure de la substance grise, dans la moelle d'anciens hémiplégiques, du côté opposé à la lésion cérébrale ; dans la moelle épinière d'un hémiplégique, mort quarante-huit jours après l'attaque, il a trouvé en chromatolyse les cellules du groupe postéro-latéral de la moelle cervicale et de la moelle lombo-sacrée (1897). Cette chromatolyse des cellules motrices de la moelle à la suite de l'interruption des *fibres cortico-spinales,* remarque le professeur de LOUVAIN, survient cependant beaucoup plus tardivement que la chromatolyse des cellules dorsales du pneumogastrique à la suite de la section du nerf périphérique : c'est qu' « à la suite de la section du pneumogastrique, les cellules du noyau dorsal sont complètement soustraites aux influences du dehors, tandis que l'interruption des fibres cortico-spinales ne fait que *diminuer,* dans une mesure plus ou moins grande, le nombre des excitations qui arrivent normalement aux cellules de la corne antérieure de la moelle ».

---

(1) VAN GEHUCHTEN *Le phénomène de chromatolyse consécutif à la lésion pathologique ou expérimentale de l'axone.* Bulletin de l'Acad. roy. de méd. de Belgique, 17 nov. 1897, p. 9. Cf. DEJERINE. *Sur la chromatolyse de la cellule nerveuse au cours des infections avec hyperthermie.* C. R. de la Soc. de biol., 17 juillet 1897.

Ainsi, toutes les fois qu'un neurone quelconque, moteur ou sensitif, central ou périphérique, se trouve lésé dans son intégrité anatomique, soit directement, par une section, une ligature ou une compression de son prolongement nerveux, soit indirectement, ou secondairement, du fait d'une asphyxie locale, d'une intoxication ou d'une infection, d'une diminution ou d'une suspension complète de ses excitations physiologiques, bref, d'un trouble de nutrition affectant le protoplasma cellulaire, la chromatolyse apparaît, et la gravité des processus de cette altération organique est en raison de celle de la lésion primitive ou secondaire du neurone.

C'est en se fondant sur cette réaction cellulaire, sur celle en particulier qui suit la section expérimentale du prolongement cylindraxile d'un neurone moteur, que Marinesco vient de déterminer le territoire des cellules d'origine du facial supérieur dans le noyau de la VIIe paire situé dans la protubérance, et que van Gehuchten travaille en ce moment à établir, d'une façon précise, l'origine réelle des nerfs crâniens (1). C'est là une méthode aussi sûre qu'élégante et dont les résultats ne sauraient tromper.

On n'observe jamais, enseignait Charcot, de paralysie du *facial supérieur* dans les lésions capsulaires et corticales : il n'existe, dans ces cas, qu'une paralysie du *facial inférieur*. L'*orbiculaire palpébral* n'est pas intéressé dans les paralysies du facial inférieur de cause *centrale*, ce qui établit un contraste avec les *paralysies faciales périphériques*, puisque celles-ci sont *totales* et portent, en d'autres termes, aussi bien sur le facial supérieur que sur l'inférieur (2). Toutefois, « certaines *lésions bulbo-protubérantielles* peuvent atteindre le nerf facial déjà pleinement constitué et déterminer une *paralysie faciale totale*, ressemblant à celle qui résulte de la lésion du nerf facial à la sortie du canal de Fallope. Mais pareille chose ne se voit *jamais* dans les lésions *capsulaires* et dans les lésions situées au-dessus, du côté de l'écorce ou dans l'*écorce* même : *c'est la paralysie du facial inférieur qui, seule, se voit en pareil cas* (3) ». Dans les cas d'hémiplégie capsulaire où la paralysie du facial inférieur persiste, et c'est un cas relativement rare, c'est que la *partie antérieure* de la capsule interne a été touchée. « En effet, la partie du faisceau pyramidal qui concerne le *facial inférieur* (faisceau cortico-bulbaire) passe, dans la

---

(1) Van Gehuchten. *Recherches sur l'origine réelle des nerfs crâniens*. I. *Les nerfs moteurs oculaires*. Journal de neurologie, 20 mars 1898. — J. Van Biervliet. *Noyau d'origine du nerf oculo-moteur commun du lapin. Limites, structure et localisations*. Travail du laboratoire de Van Gehuchten. La Cellule, XVI, 1899, 1er fasc.

(2) Charcot. *Leçons du mardi à la Salpêtrière. Policlinique*, 1887-1888. I, 1892, 207, 2e éd.

(3) Neumann. Charcot le répétait volontiers, a le premier fait ressortir le rôle étiologique, à peu près ignoré jusqu'à lui, de la *prédisposition nerveuse* dans la *paralysie faciale périphérique*. L'action du froid ne représente, dans bien des cas, qu'une cause provocatrice. Il y a là, évidemment, Charcot y insistait, une question d'hérédité, comme pour toutes les autres affections du système nerveux appartenant à la famille neuro-pathologique, la chorée, l'hystérie, l'épilepsie, le tabes ataxique. « C'est, déclarait-il expressément, la conclusion à laquelle j'aboutis. »

capsule, *en avant du genou*, tandis que les tractus *cortico-brachial* et *cortico-crural* de ce même faisceau pyramidal siègent *en arrière du genou*, le premier en avant, non loin du genou, le second en arrière du précédent. Cela est absolument démontré, non seulement par l'anatomo-clinique, mais encore par l'expérimentation faite sur les animaux, en particulier sur le singe (Franck et Pitres, Horsley, expériences d'excitations). » Dans l'hémiplégie capsulaire, la paralysie du facial peut donc prédominer dans certains cas, celle du membre inférieur ou du membre supérieur dans d'autres cas. Rarement, selon Charcot, la paralysie du facial persiste très longtemps dans l'hémiplégie capsulaire vulgaire, « parce qu'en pareil cas, l'expérience le démontre, seule, la partie capsulaire postérieure est détruite par le foyer d'hémorrhagie ou de ramollissement, tandis que la partie antérieure, celle qui concerne les mouvements de la face, est seulement comprimée et non détruite. »

Ce fut Todd qui, le premier, semble-t-il, soutint que, dans l'hémiplégie cérébrale, la paralysie n'affecte que les branches du facial inférieur (1854). Eichhorst nie également toute participation du facial supérieur à l'hémiplégie : la branche frontale du nerf facial, qui innerve les muscles frontaux, le *corrugator superciliorum* et l'*orbicularis palpebrarum*, n'est jamais lésée, écrivait cet auteur, si bien que, contrairement à ce qu'on observe dans la paralysie périphérique du facial, les malades continuent à pouvoir froncer les rides du front et à fermer les yeux. Grasset, Moebius, Hammond pourraient être cités encore avec Trousseau, Nothnagel, Wernicke, Strümpell, Hirt, Gowers, Erb, Brissaud, etc. Vincenzio Pugliese et Vittorio Milla ont, au contraire, réuni vingt-cinq observations cliniques d'où il résulte que le territoire de distribution supérieure du nerf facial ne demeure point indemne dans l'hémiplégie, ainsi qu'on l'avait cru jusqu'ici (1) : « ce territoire est d'ordinaire intéressé, dans une mesure plus ou moins grande, selon le siège et l'étendue de la lésion cérébrale et du fait des dispositions individuelles » (p. 829). Des trois muscles innervés par la branche supérieure du facial, ces auteurs n'ont observé systématiquement, chez les hémiplégiques, que le *frontal* et l'*orbiculaire des paupières*, l'examen de la motilité volontaire du *sourcilier* n'étant guère possible chez des individus dont l'état mental était le plus souvent fort affaibli. La « *deficienza motoria* » du *muscle frontal* du côté paralysé ne fait aucun doute pour les observateurs italiens ; il en est ainsi pour le *muscle orbiculaire*.

Ce qui frappe tout d'abord, lorsqu'on observe la face d'un hémiplégique, c'est, outre un certain degré de déviation de la bouche, la hauteur et la forme différentes des sourcils : une moitié du front est plus ridée que l'autre. Quand le malade fronce volontairement le front, le sourcil du côté paralysé ne remonte d'ordinaire que très peu. La nature de la lésion de la motilité volontaire du muscle frontal est rarement celle d'une paralysie ; ce muscle conserve d'ordinaire un certain degré de motilité ; il n'est guère que parésié. En outre, la fente palpébrale de l'œil du côté paralysé est plus large ou plus étroite que celle de l'autre œil. « Pendant la veille, la paupière supérieure est soumise aux efforts antagonistes des muscles orbiculaire et élévateur : si l'action du muscle élévateur prédomine sur celle du

---

(1) V. Pugliese e V. Milla. *Sulla participazione del nervo facciale superiore nella emiplegia*. Rivista speriment. di fren., 1896, XXII, 805-852. (Istituto pschiatrico di Reggio.) — V. Pugliese. *Ulteriori osservazioni sulla participazione del nervo faciale superiore nella emiplegia*. Rivista di patologia nervosa e mentale, 1897, II, 14 sq. Le travail de Pugliese et de Milla repose sur des faits nombreux, solidement établis et groupés avec beaucoup de méthode (méthode anatomo-clinique et physiologie comparée). Pugliese, *Sul centro psico-motore dei muscoli superiori della facia*. Ibid., 1898, III, 49-55.

sphincter, la paupière supérieure s'élève davantage et la fente palpébrale s'élargit ; si l'action du muscle sphincter au contraire l'emporte, la paupière supérieure s'abaisse plus que d'ordinaire et la fente palpébrale devient plus étroite. » Ce dernier symptôme peut être l'effet d'un affaiblissement du muscle élévateur ou d'une augmentation du tonus du muscle sphincter : c'est probablement à cette tonicité exagéréequ'il convient d'attribuer l'étroitesse de la fente palpébrale chez beaucoup d'hémiplégiques, phénomène qui coïncide souvent, Pugliese en fait la remarque, avec la contracture de tel ou tel muscle de la face ou de tous les muscles faciaux. Dans l'occlusion, volontaire et réflexe, des deux yeux, le muscle orbiculaire du côté paralysé est plus lâche et plus lent à se contracter. Enfin, chez presque tous les hémiplégiques, l'*occlusion isolée de l'œil du côté paralysé* est absolument ou à peu près impossible.

Sur les vingt-cinq hémiplégiques que Pugliese et Milla ont examinés, l'occlusion isolée de l'œil du côté paralysé était absolument impossible dans 22 cas ; la fente palpébrale de l'œil, plus large du côté paralysé, attestait l'existence de l'altération de la motilité du muscle sphincter oculaire : la lésion du muscle orbiculaire était manifeste ; il ne s'agissait pas d'une lésion du muscle élévateur de la paupière supérieure dont le centre cortical (pied de F_1) demeure intact dans presque tous les cas d'hémiplégie corticale, dus en particulier à l'obturation de l'artère de Sylvius. L'impossibilité, le plus souvent absolue, où est l'œil de se fermer isolément du côté lésé, a inspiré des recherches fort étendues à Pugliese et à Milla. Loin de refuser toute importance clinique à ce symptôme, ils estiment qu'un phénomène qui n'a manqué que 300 fois sur 1,125 individus, au-dessus de vingt ans, examinés par eux (soit 27 pour 100), doit être pris en sérieuse considération. Sur 100 individus, il n'y en a pas plus de 2 ou 3, disent-ils, qui soient incapables de fermer l'*œil gauche* isolément. L'œil que d'ordinaire on ne parvient pas à fermer isolément est l'*œil droit*. La dissociation unilatérale des mouvements synergiques d'occlusion des yeux, tout en étant possible chez 27 adultes sur 100, ne laisse pas d'être toujours, et pour tous les droitiers, plus difficile à droite qu'à gauche. Chez le nouveau-né, le clignement réflexe, exclusivement spinal, existe seul, comme chez les animaux. Les tout jeunes enfants et les enfants n'arrivent pas d'ordinaire à fermer isolément un œil. Le nombre des jeunes gens est aussi grand qui sont dans le même cas, surtout quant à l'œil droit. « Sur 100 individus, il y en a sûrement 95 à 96 qui sont droitiers ; la moitié droite de leur corps est mieux développée que la gauche, les fonctions de la sensibilité et de la motilité y sont plus fines et plus différenciées. D'une façon correspondante, dans l'hémisphère cérébral gauche, le mécanisme fonctionnel est plus complexe et délicat, si bien que quelques fonctions motrices spéciales, la *parole* et l'*écriture*, aussi bien que quelques fonctions des sens, sont l'attribut exclusif de cet hémisphère. » Par l'effet des occupations professionnelles, ou pour d'autres circonstances, nous dissocions le mouvement synergique du clignement des yeux : nous regardons, fixons, observons d'un seul œil, et cet œil est l'œil droit, tout de même que nous nous servons de la main droite d'une façon spéciale. Il nous faut donc apprendre à fermer isolément l'œil gauche, et nous y parvenons pour la plupart (1). L'occlusion isolée d'un

(1) Au cours de ses études sur la mimique des aliénés, le savant clinicien russe Sikorski a fait quelques observations sur les contractions volontaires des muscles de la face qui l'ont amené au point de pouvoir contracter, isolément et successivement, le plus grand nombre des propres muscles de son visage, voire de muscles tels que le *m. orbitalis inferior*, sur lequel la volonté, suivant Duchenne, n'aurait aucune prise. Mais il remarque expressément qu'il ne lui a pas échappé, et cela dès le commencement, que l'exécution de ces mouvements par l'exercice est beaucoup plus facile sur *la moitié*

seul œil est un mouvement éminemment ***asynergique,*** comme le sont, dans l'écriture, le dessin, etc., les mouvements spécialisés de la main : le premier de ces mouvements, aussi bien que les autres, est l'effet d'une différenciation née d'un effet d'éducation et d'un exercice prolongé. Ces mouvements asynergiques, qui ont été ainsi *acquis,* par une division du travail physiologique de centres préexistants qu'on pourrait appeler *innés*, destinés à des fonctions héréditaires beaucoup plus générales, ont leurs centres particuliers d'innervation dans l'hémisphère cérébral opposé. On s'explique ainsi que la destruction de ces centres « néoformés » entraîne, *ipso facto*, la perte des *mouvements asynergiques* qui en dépendent. Le symptôme de Révillod, symptôme d'une lésion de déficit, conserve donc toute sa valeur : il s'observe constamment du côté de l'hémiplégie, soit à droite, soit à gauche. Quelques hémiplégiques déclarent d'ailleurs spontanément n'avoir perdu que depuis leur attaque d'apoplexie la possibilité de fermer isolément l'un des deux yeux. Ainsi, dans l'hémiplégie, le muscle orbiculaire du côté du corps paralysé, considéré comme muscle à fonction synergique, c'est-à-dire se contractant avec le muscle homonyme du côté opposé, est *parésié* ; si ce muscle était susceptible d'agir isolément, il est presque toujours *paralysé,* comme le sont, d'une manière générale, les muscles qui ne fonctionnent pas synergiquement ou à fonction asynergique, acquise par l'éducation et l'exercice.

« La parésie des muscles innervés par le facial supérieur ne manque donc pour ainsi dire jamais dans l'hémiplégie, ce qui suppose, *a priori*, et de nécessité, dans l'écorce du cerveau humain, l'existence d'un centre spécial pour ces muscles. »

Dans les livres de sémiologie du système nerveux, ce centre n'est pas indiqué sur l'aire motrice de l'écorce cérébrale. La physiologie comparée et la clinique sont plus avancées à cet égard.

---

gauche de la face que sur la droite (sans que Sikorsky soit gaucher). Il arriva donc à contracter séparément les uns des autres les muscles de la moitié gauche de la face sans que la musculature de la moitié droite y participât du tout. Il ne put exécuter l'expérience inverse. Il interrompit ses recherches et resta deux ans sans s'occuper de cette question. Or, il témoigne d'avoir été fort surpris lorsqu'en revenant après ce laps de temps à ses expériences, il se trouva capable de contracter les muscles de la moitié *droite* du visage aussi facilement que ceux de la moitié gauche. « Ainsi, écrit-il, dans l'espace de deux ans, s'était spontanément réalisée la possibilité de soumettre à la volonté les muscles du côté droit (et cela isolément les uns des autres). Je suis aujourd'hui en état de contracter ces muscles en suivant n'importe quel ordre ; ainsi, pour sourire, je contracte d'abord le *m. orbitalis infer.* et ensuite le *m. zygomaticus major*, ou inversement. » Mais cette *contraction isolée, partielle, des muscles de la face* n'est possible que pour chaque moitié séparément ; on ne peut, simultanément la déterminer sur les deux moitiés de la face. Au contraire, pour la musculature du *front*, les muscles des deux moitiés se contractent, dit-il, simultanément et symétriquement : ainsi, deux muscles homonymes du front se contractent en même temps, tandis que deux muscles homonymes de la face se contractent toujours séparément. Cela s'accorde avec les faits produits au cours de son étude touchant la diversité et l'indépendance des muscles de la face et du front. Sikorsky fait en terminant une remarque dont la portée n'échappera à personne : « Lorsqu'en contractant les muscles de ma face je réalise une combinaison mimique quelconque, je ne m'aperçois d'aucune excitation émotionnelle, de sorte que cette mimique me semble purement artificielle, au sens absolu du mot, encore qu'elle soit irréprochable sous le rapport de l'expression (*). »

(*) Sikorsky (Kiew). *Die Bedeutung der Mimik für die Diagnose des Irreseins.* Neurol. Centralbl., 1887, 495-6. Cf., plus haut, p. 1357 sq.

DAVID FERRIER indique déjà, chez le lapin, l'existence, en dehors des centres des membres, de deux zones, l'une plus grande, en avant, dont l'excitation provoque l'élévation de l'angle de la bouche ; l'autre, en arrière, plus petite, dont la stimulation électrique détermine l'*occlusion de l'œil* du côté opposé. Sur les cerveaux du chien ou du chat, ce centre cortical est mieux connu : en un point de la IIe circonvolution externe situé immédiatement en arrière et au-dessous du gyrus sigmoïde, existe une zone dont l'excitation, avec un faible courant faradique, provoque d'abord la contraction de l'*orbiculaire des paupières*, puis l'élévation de l'aile du nez et de l'angle de la bouche (HITZIG, FERRIER, LUCIANI et TAMBURINI) (fig 10). Si l'on lance sur cette zone un courant plus intense, une attaque d'épilepsie éclatera qui, commençant par le muscle orbiculaire de l'œil du côté opposé, s'étendra aux muscles élévateurs de l'aile du nez et de l'angle de la bouche correspondants, se propagera aux muscles des membres antérieurs et postérieurs de ce côté, et finalement agitera tout le corps de convulsions toniques et cloniques. Cette épilepsie jacksonienne ainsi provoquée est la preuve manifeste de l'existence, dans cette zone du pallium, d'un centre d'innervation corticale des muscles auxquels se distribue la branche supérieure du facial. Voici la contre-épreuve : la destruction de cette zone est souvent suivie, entre autres symptômes de déficit des muscles innervés par le facial, d'une *parésie de l'orbiculaire des paupières* de l'œil du côté opposé (LUCIANI et TAMBURINI). D'après HITZIG et FERRIER, le centre cortical des muscles innervés par la branche inférieure du facial est situé sur la IIIe circonvolution externe, immédiatement en dehors du *centre du muscle orbiculaire des paupières*.

Sur le cerveau du singe, au-dessous du centre du membre supérieur (avant-bras, poignet, main, doigts, etc.), au tiers inférieur des circonvolutions frontales, une zone existe dont l'excitation produit des mouvements de la face, de la bouche et de la langue (fig. 11). Dans la partie *supérieure* de cette zone, on peut différencier des *centres d'innervation corticale du facial supérieur, en avant du sillon de* ROLANDO ; *du facial inférieur, en arrière du même sillon*. L'excitation de la partie *inférieure* de cette zone provoque au contraire des mouvements de la bouche et de la langue. Sur le cerveau humain enfin, on connaît un certain nombre d'expériences directes (BARTHOLOW, SCIAMANNA) et d'observations cliniques suivies de nécropsies (WERNER, HITZIG, MARAGLIANO et SEPPILLI, MARFAN, etc.), rapportées par PUGLIESE et MILLA, qui établissent l'existence d'un centre des mouvements volontaires du *muscle orbiculaire des paupières* analogue à celui qu'ont indiqué les physiologistes sur le cerveau des mammifères supérieurs, où il est localisé en dehors des centres moteurs des membres, près du centre des muscles inférieurs de la face. En outre, chez le singe, FERRIER a

déterminé, sur le pied de F_1, un centre dont l'excitation provoque l'*ouverture des yeux*, la *dilatation de la pupille* et des *mouvements de latéralité de la tête et des yeux du côté opposé* à l'hémisphère excité. Dans une observation de Lloyd et Deaver, où l'os pariétal *droit* fut trépané au niveau du passage du tiers moyen au tiers inférieur des circonvolutions rolandiques, les électrodes, placées en arrière du sillon de Rolando, déterminèrent la flexion des doigts, de la main, de l'avant-bras du côté opposé; quand elles furent appliquées un peu *en avant* et *au-dessous* du point précédent, *les muscles de la face* se contractèrent : l'excision d'une portion de la substance grise de cette dernière zone ayant été faite, on nota que, durant le sommeil, l'*œil gauche* demeurait à demi ouvert.

Tout porte donc à croire que le centre des mouvements volontaires des *muscles orbiculaires des paupières* est situé dans le tiers inférieur des circonvolutions centrales, au-dessus des centres de la langue et de la bouche, probablement en avant du sillon de Rolando, à proximité du pied de F_2.

Le centre cortical de la branche supérieure du facial n'est pas dans un rapport moins étroit avec le centre cortical du bras que le centre de la branche inférieure de ce nerf. Dans l'épilepsie jacksonienne, si les convulsions débutent, par exemple, dans le bras, et se propagent en haut, avant d'envahir les muscles supérieurs de la face elles envahissent toujours les muscles inférieurs de cette région. Quand les convulsions éclatent au contraire dans les muscles supérieurs de la face, *avant* de se propager au bras elles envahissent toujours les muscles inférieurs de la face (Pugliese).

Dans les observations cliniques, suivies d'autopsie, la partie de la zone corticale, irritée ou détruite, correspondait précisément au tiers inférieur de FA et aux pieds de F_2 et F_3. Si, de ce complexus, on écarte le pied de F_3, siège de la fonction du langage articulé, et le pied de FA, où sont les centres des muscles masticateurs, de la langue et du larynx, il ne reste que la partie de FA contiguë au pied de F_2 : c'est là, encore une fois, que très probablement existe le centre volontaire de l'orbiculaire des paupières. Ce centre est-il uni ou bilatéral? Préside-t-il uniquement à la motilité volontaire du muscle orbiculaire du côté opposé ou, en même temps, à celle des deux muscles orbiculaires des paupières? D'une manière générale, disent fort justement Pugliese et Milla, un hémisphère cérébral ne préside pas à la motilité volontaire de la moitié opposée du corps seulement : il préside en partie aussi à celle du côté correspondant. Cette influence bilatérale ne s'exerce pourtant point de la même manière sur chaque groupe de muscles : « Chez un hémiplégique, quelques groupes musculaires sont seuls complètement paralysés, d'autres n'ont perdu qu'une partie de leur énergie ; d'autres enfin semblent avoir presque entièrement échappé aux conséquences de la lésion encéphalique. Chez l'homme hémiplégique, le *membre supérieur* est d'ordinaire paralysé ; le *membre inférieur* conserve une partie des mouvements d'articulation de la *hanche* et du *genou* : les muscles de la *face* et ceux de la *langue* ne sont souvent que parésiés ; les *muscles masticateurs* continuent à se contracter des deux côtés en apparence

uniformément dans l'accomplissement de leur fonction ordinaire. De même les deux côtés de la poitrine s'élèvent et s'abaissent presque uniformément dans la respiration normale. » Parmi les muscles, les uns, par exemple les muscles du bras, fonctionnent d'ordinaire d'une manière indépendante des muscles homonymes du côté opposé. D'autres, quoique d'ordinaire synergiques, agissent plus souvent encore isolément, par exemple les muscles des membres inférieurs, ceux qu'innervent la branche inférieure du facial ; d'autres muscles enfin, tels que ceux des deux moitiés du diaphragme, les muscles intercostaux, les muscles masticateurs, n'agissent d'ordinaire que de conserve avec les muscles du côté opposé. Or « le *degré de paralysie* des différents groupes de muscles, dans l'hémiplégie, correspond précisément au *degré de fréquence de leur usage unilatéral* ». En d'autres termes, et ainsi que le prouve manifestement le symptôme de Revillod, « dans l'hémiplégie, les muscles sont d'autant plus gravement atteints que le degré de leur asynergie fonctionnelle est plus élevé » (Pugliese).

Les muscles de même nom qui agissent synergiquement sont représentés dans les deux hémisphères. Si l'un de ceux-ci est lésé, l'autre suffit à maintenir presque indemne la motilité volontaire. « Il ne faut pourtant pas croire que les muscles de fonction synergique échappent entièrement à l'hémiplégie. » A un examen attentif, on observe facilement que, par exemple, même dans la respiration calme, la moitié du thorax de la partie paralysée s'élève moins et se dilate moins inférieurement que l'autre moitié. De même il n'y a pour ainsi dire point d'hémiplégique dont le sourcil de la moitié du corps paralysée ne soit pas plus abaissé ou plus élevé que l'autre sourcil, selon que le muscle frontal est relâché ou contracturé. Or, dans les cas d'hémiplégie, l'occlusion synergique des deux yeux persiste, et, si ce n'est l'impossibilité pour le muscle orbiculaire du côté paralysé de se contracter isolément, ce muscle ne trahit qu'un léger degré de parésie (ainsi que tous les autres muscles à fonction synergique de ce côté, muscles masticateurs, etc.). Le centre volontaire des muscles orbiculaires des paupières exerce donc une action bilatérale et ses fibres doivent s'entrecroiser partiellement. La légère parésie dont est atteint le muscle orbiculaire dans les hémiplégies communes indique que les fibres croisées sont en plus grand nombre que les fibres directes.

Les auteurs italiens ont répondu d'avance à une objection qu'on pourrait, pensent-ils, élever. Il pourrait sembler contradictoire que, si le muscle orbiculaire des paupières est un muscle à fonction synergique, 90 hémiplégiques au moins sur 100 ne puissent fermer isolément l'œil du côté paralysé. Mais il n'y a pas là de contradiction. Dans un grand centre, à fonction générale donnée, un centre moins étendu peut se différencier, nous l'avons dit, par l'effet de l'éducation et de l'exercice. Ce nouveau centre dissocie partiellement les mouvements propres du centre général, constituant proprement la fonction motrice de ce centre préexistant : « C'est ainsi que, dans le centre du membre supérieur droit d'un individu droitier peut se différencier un centre pour l'écriture, un centre pour le jeu du clavecin, etc. » Si ce nouveau centre cortical, différencié du centre plus étendu auquel il appartient, ne possède que des *fonctions unilatérales*, comme c'est la règle, partant si la *décussation* des fibres qui en émanent est *complète*, la destruction de ce centre devra fatalement déterminer une paralysie complète des muscles qu'il innervait. Il n'en va pas autrement pour les muscles orbiculaires. Que, chez un malade, la zone « psycho-motrice » gauche soit détruite : le centre néoformé qui présidait à l'occlusion isolée de l'œil droit sera détruit avec les autres centres de motilité volontaire de cet hémisphère ; l'œil droit ne pourra plus être fermé isolément. Mais, si le centre homonyme droit persiste, l'occlusion bilatérale volontaire des deux yeux continuera comme devant. En outre, si, dans ce centre homonyme droit, s'était différencié aussi un nouveau centre de dissociation, capable de dissocier le

mouvement synergique de l'orbiculaire des paupières, l'œil gauche pourra se fermer isolément.

Que, de même que le muscle orbiculaire des paupières, le *muscle frontal* doive posséder aussi un centre de motilité volontaire distinct, dans le cerveau humain, c'est ce qu'atteste indirectement la possibilité de contracter ce muscle à volonté. A considérer comment le muscle frontal d'un côté du corps se contracte avec le muscle de même nom de l'autre côté, à l'état normal et chez les hémiplégiques, on peut admettre qu'il exerce, lui aussi, une action bilatérale. Il résulte des observations de Sciamanna et de Marfan que le centre cortical du muscle frontal ne doit pas se trouver localisé très loin du centre cortical de l'orbiculaire des paupières. Probablement le centre cortical du *muscle frontal* est compris dans la zone des centres corticaux de l'*orbiculaire des paupières* et du *sourcillier*, ces trois centres constituant ainsi la *zone de la motilité volontaire des muscles supérieurs de la face*. Quoique la fonction de la motilité volontaire de cette zone soit d'ordinaire bilatérale, elle peut, dans quelques cas, présider exclusivement aux mouvements volontaires des muscles faciaux du côté opposé.

Quel est le trajet suivi par ces fibres, de l'écorce cérébrale à leur noyau spinal respectif? « Si l'on prend garde que, dans la plupart des cas, l'hémiplégie est d'ordinaire capsulaire, et, d'autre part, que la parésie des muscles supérieurs de la face manque très rarement dans l'hémiplégie, il est logique de penser que ces fibres passent par la capsule interne avec toutes celles des faisceaux excito-moteurs. » Dans leur mémoire célèbre sur l'*Arrangement des fibres excitables de la capsule interne du singe* (Bonnet), Beevor et Horsley ont démontré que les faisceaux moteurs conservent précisément ici, dans leurs rapports réciproques, l'ordre où se trouvent leurs centres d'origine dans l'écorce du cerveau. La clinique a confirmé ces résultats de la physiologie expérimentale : les fibres excito-motrices des muscles faciaux (inférieurs) se trouvent, on le sait, « dans le genou de la capsule interne », en avant des fibres cortico-brachiales et cortico-crurales ; les fibres motrices des muscles de la langue siègent immédiatement en avant des fibres motrices de la face. Le centre de l'hypoglosse est en effet, sur l'écorce cérébrale, à l'extrémité inférieure et antérieure de la zone motrice, le centre des membres inférieurs à l'extrémité opposée de cette zone. Les faisceaux moteurs du *facial supérieur* doivent se trouver à côté de ceux du *facial inférieur*, plus exactement, entre les fibres du facial inférieur et celles de l'hypoglosse, par conséquent, *dans la portion antérieure du genou de la capsule interne*. Deux cas, empruntés à Huguenin et à Chvostek, confirment cette hypothèse de Pugliese et Milla. Rien n'explique mieux que cette disposition topographique des faisceaux moteurs de la capsule interne comment il est possible que, dans certains cas, peut-être rares, d'hémiplégie d'origine capsulaire, les membres supérieurs et inférieurs, ensemble ou isolément (Charcot), soient paralysés, sans que les muscles de la face ou les muscles de la langue le soient d'une manière appréciable : dans ces cas, les fibres de la VIIe et de la XIIe paire avaient été en grande partie épargnées par le foyer destructif du corps strié ou du thalamus, lésion dont les effets s'étaient exclusivement limités aux faisceaux cortico-brachiaux ou cortico-cruraux. Au contraire, dans les hémiplégies d'origine corticale par obturation (thrombose, embolie, etc.) de l'artère sylvienne, les muscles supérieurs de la face sont de nécessité paralysés. Bien loin que, dans l'hémiplégie, tous les muscles soient également atteints, il n'existe pas deux hémiplégiques chez lesquels la distribution de la paralysie des différents groupes musculaires soit identique.

Au lieu de croire, comme on l'a fait généralement jusqu'ici, que, parmi les muscles de la face, ceux qui sont innervés par la branche inférieure du nerf facial participent seuls à l'hémiplégie, il suffit que l'attention soit spécialement tendue sur l'état des muscles innervés

par la branche supérieure du facial pour être convaincu que ces muscles participent aussi, quoique dans une mesure moindre, à l'hémiplégie. Un certain degré de *parésie* ne manque pour ainsi dire jamais dans les muscles supérieurs de la face, surtout quand la lésion fonctionnelle des muscles inférieurs de la face et des muscles de la langue est très accusée. Mais le trouble moteur des muscles innervés par le facial supérieur peut être aussi, et est quelquefois en réalité, chez les hémiplégiques, une *paralysie* véritable.

Il restait à découvrir l'origine du nerf facial supérieur. Les cellules radiculaires du noyau d'origine de la VIIe paire forment, on le sait, un noyau gris assez volumineux situé dans l'épaisseur de la protubérance annulaire, entre l'olive supérieure, en dedans, et la racine descendante du nerf trijumeau en dehors. Les prolongements cylindraxiles de ces cellules nerveuses se dirigent en arrière et en dedans vers le plancher du IVe ventricule; arrivées tout près du raphé médian, ces fibres radiculaires changent de direction: elles deviennent verticales et constituent « la branche radiculaire ascendante du facial »; après un trajet de quelques millimètres, ce faisceau se recourbe horizontalement en dehors, contournant ainsi la face postérieure du noyau d'origine du nerf de la VIe paire, du nerf oculo-moteur externe (*abducens*). Dans cette partie de son trajet, le faisceau radiculaire du facial porte le nom de *genou du facial*. Arrivé au bord externe du noyau d'origine du nerf oculo-moteur externe, le facial se recourbe une troisième fois en bas, passe entre son noyau d'origine et la racine descendante du nerf trijumeau pour sortir de l'axe cérébro-spinal par le sillon horizontal qui sépare la protubérance du bulbe (VAN GEHUCHTEN). Le nerf facial innerve tous les muscles superficiels de la face. La doctrine reçue est pourtant que, dans les cas pathologiques où tous les muscles innervés par la branche inférieure du facial sont paralysés, les muscles innervés par la branche supérieure du facial, le *frontal*, le *sourcilier* et *l'orbiculaire des paupières*, ne le sont pas. Aussi certains auteurs donnent-ils le nom de *noyau du facial inférieur* au noyau gris situé dans l'épaisseur de la protubérance. « On n'est pas encore fixé sur le noyau d'origine des fibres du *facial supérieur*; l'origine des fibres du facial supérieur reste encore inconnue » (VAN GEHUCHTEN). M. DUVAL, TESTUT ont admis qu'en contournant le noyau d'origine du nerf oculo-moteur externe, le faisceau radiculaire du facial reçoit, du noyau de la VIe paire, un certain nombre de fibres, qui feraient partie de celles du facial supérieur; ils ont ainsi cru pouvoir dénommer le noyau de l'*abducens : noyau supérieur du facial* ou *noyau commun du facial et de l'oculo-moteur externe*. STIEDA, GUDDEN, KRAUSE, OBERSTEINER, etc, n'avaient pas admis de rapport entre ces deux noyaux. GUDDEN avait même montré que l'arrachement du nerf facial dans le canal de FALLOPE ne détermine d'altérations que dans le noyau du facial; le noyau du moteur oculaire

externe demeure intact. « Cette expérience prouvait d'une manière péremptoire, écrit MARINESCO, que le moteur oculaire externe ne donne point de fibres d'innervation aux muscles de la zone du *facial supérieur*. Plus récemment, MENDEL a pratiqué sur le lapin et sur le cobaye la résection des deux *paupières*, des *muscles orbiculaires* et du *frontal* : il a constaté, après cette expérience, l'intégrité du noyau du moteur oculaire externe, tandis qu'il a vu une dégénérescence manifeste d'une partie des cellules du moteur oculaire commun du même côté que les muscles détruits ». GOWERS a même soutenu que c'est le noyau de l'hypoglosse qui constitue le centre d'innervation du facial supérieur. Mais, quant aux rapports anatomiques et fonctionnels des nerfs de la VIe et de la VIIe paire, VAN GEHUCHTEN témoigne hautement que, dans les recherches qu'il a faites (méthode de GOLGI) sur le tronc cérébral d'embryons de poulet, il n'a jamais observé de cellules radiculaires du nerf de la VIe paire dont le prolongement cylindraxile se rendît dans le faisceau radiculaire du facial. RAMON Y CAJAL a confirmé naguère les mêmes conclusions. Enfin, dans un cas de paralysie faciale périphérique, dite rhumatismale ou *a frigore*, J. DEJERINE et A. THEOHARI ont trouvé une fois de plus, mais au moyen d'une démonstration rigoureuse, résultant d'un examen de coupes sériées de la protubérance colorées par la méthode de NISSL, que le noyau de la VIe paire n'envoie pas de fibres au nerf facial (1).

---

(1) Chez le sujet de l'observation, l'occlusion des paupières était parfaite du côté non paralysé, c'est-à-dire à droite ; à gauche, au contraire, l'œil restait largement ouvert. « Pendant que le malade parle et s'anime, la moitié gauche de la face ne prend aucune part à la mimique ; elle reste absolument figée. » La langue était légèrement déviée vers la commissure labiale gauche. Dégénérescence wallérienne très nettes des deux branches terminales du facial inférieur et du facial supérieur : la myéline était réduite en boules et en gouttelettes, état moniliforme des tubes nerveux, disparition du cylindraxe, gaines vides en très petit nombre. « Ces lésions de névrite parenchymateuse, qui sont d'autant plus avancées que l'on examine des branches plus éloignées du tronc du nerf, existent sur un beaucoup plus grand nombre de tubes nerveux dans les branches du facial inférieur que dans les branches du facial supérieur » (la proportion des nerfs malades y est inverse). Les racines du facial ne montraient pas un seul tube nerveux altéré (acide osmique). Striation normale des fibres des muscles de la face, mais avec prolifération des noyaux. Chromatolyse de la plus grande partie des cellules du noyau du facial gauche. Point de lésion de ce genre dans le noyau du facial droit, *non plus que dans les noyaux de l'oculo-moteur externe*. Il ne s'agissait pas, dans ce cas, d'une paralysie faciale périphérique due à une compression du nerf facial ou à une otite, avec dégénérescence rétrograde du nerf et des racines du facial. Il s'agissait d'une névrite périphérique primitive de nature infectieuse, la malade ayant eu quelque temps auparavant un zona du plexus cervical. « Il est plus que probable, ajoutent les auteurs, que dans la plupart des cas de paralysie faciale dite *a frigore* ou rhumatismale, il s'agit, comme dans le nôtre, de *névrites infectieuses du nerf facial*, le froid n'agissant, lorsqu'il agit, que comme cause déterminante de la localisation de l'infection. Nous ferons encore remarquer que la prédominance des lésions névritiques dans les branches du facial inférieur dans notre observation, permet d'expliquer le fait clinique bien connu, à savoir que dans la paralysie faciale périphérique, la motilité revient dans les *branches supérieures du facial, — muscles frontal et orbiculaire de la paupière,* — bien avant de revenir dans les muscles innervés par le facial inférieur. » C. R. des séances de la Soc. de biol., 4 déc. 1897

Pour connaître l'origine des protoneurones moteurs dont les terminaisons se distribuent aux trois muscles — *frontal, sourcilier* et *orbiculaire* — qu'innerve la branche supérieure du facial, Marinesco a coupé ce nerf, et, après avoir laissé survivre quinze à vingt jours l'animal, a constaté, avec la méthode de Nissl, sur des coupes sériées pratiquées sur toute l'étendue du noyau du facial, l'existence de trois régions : 1° une *région inférieure,* où le noyau du facial est constitué par une masse compacte de cellules multipolaires (de 40 à 60 μ), présentant le type des cellules des cornes antérieures ; cette région du noyau est bien circonscrite ; 2° une *région moyenne,* où le noyau du facial est constitué par trois noyaux secondaires : α) un noyau *externe,* β) un noyau *médian,* et γ) un noyau *interne* ; 3° une *région supérieure,* où ces trois noyaux secondaires sont remplacés par un noyau unique. Au point de vue de leur structure histologique, le noyau *externe* et le noyau *médian* de la *région moyenne* du noyau du facial se ressemblent : ils sont composés de grandes cellules rappelant celles des noyaux moteurs ; le noyau *interne* de la même région est au contraire constitué de petites cellules polymorphes. La complexité du noyau du facial apparaît donc manifestement : il contient plusieurs types cellulaires.

Or le *phénomène de réaction à distance* (Nissl) consécutif à la section de la branche du nerf facial qui se distribue aux muscles du frontal, du sourcilier et de l'orbiculaire des paupières affecte au maximum l'extrémité inférieure du noyau du facial et va en diminuant d'intensité vers l'extrémité supérieure ; la réaction n'est pas moins manifeste dans la partie postérieure du segment du noyau *médian* de la région moyenne. Ainsi, c'est principalement le *groupe moyen* des neurones radiculaires du noyau du facial qui réagit après la section du *facial supérieur.* Le noyau du moteur oculaire externe est resté intact dans ces expériences : il ne réagit pas sous l'influence de la section de la branche du facial supérieur ; le noyau de la VI[e] paire ne fournit donc aucune fibre au faisceau radiculaire du facial supérieur. L'entrecroisement partiel des fibres radiculaires du facial, nié d'une façon formelle par M. Duval et par Kölliker, a été admise au contraire par Stieda, Nissl, Obersteiner, van Gehuchten et Cajal. Or cet entrecroisement existe bien : « Si l'on coupe chez un lapin, comme Nissl l'a fait, ou chez un chien, comme je l'ai fait moi-même, dit Marinesco, le tronc du facial d'un côté, on constate toujours non seulement une réaction dans le noyau homolatéral du facial, mais également une réaction partielle dans le noyau contro-latéral (1). »

(1) G. Marinesco. *L'origine du facial supérieur.* Rev. neurol., 1898, 30-33.

Quant au centre cortical d'innervation motrice volontaire des muscles supérieurs du facial, muscles qui participent certainement à l'hémiplégie comme ceux qu'innerve la branche inférieure de ce nerf, quoique dans une mesure différente, il n'y a plus de doute qu'il ne doive être localisé dans le *tiers inférieur de la circonvolution frontale ascendante* (FA), au-dessus des centres de la langue et de la bouche, en face du pied de F_2. La démonstration clinique de l'existence de ce centre a été donnée par V. Pugliese (1898). Comme tous les autres centres analogues de l'écorce cérébrale, il répond par des convulsions aux états d'irritation, par de la paralysie aux lésions destructives. Le centre cortical de ces muscles possède une fonction bilatérale, et cela est vrai non seulement du centre des *muscles frontaux*, mais de ceux des autres muscles supérieurs de la face en général (Pugliese et Milla), muscles qui appartiennent à la catégorie de ceux qui d'ordinaire agissent simultanément avec les muscles homonymes du côté opposé. Les muscles innervés par la branche inférieure de la VII[e] paire d'un côté peuvent souvent présenter une action synergiquement associée à celle des muscles homonymes du côté opposé : d'ordinaire ils se contractent isolément. Il en résulte que les centres corticaux de la branche inférieure du facial possèdent surtout une activité fonctionnelle unilatérale. Les *muscles orbiculaires* qui, sous l'influence de la volonté, peuvent se contracter ensemble, n'agissent pourtant d'ordinaire que séparément : l'excitation directe de l'écorce peut donc ne déterminer qu'une contraction unilatérale de ces muscles. Les *muscles frontaux*, au contraire, à l'instar des muscles masticateurs et respiratoires, ne se contractent qu'ensemble, synergiquement, quelque effort contraire que tente la volonté pour dissocier leur mouvement. Voilà pourquoi l'excitation corticale détermine ici des effets moteurs bilatéraux. Plus l'action des muscles homonymes est synergique, plus, naturellement, est élevé le degré de bilatéralité fonctionnelle des centres moteurs corticaux considérés (1).

Si les cellules nerveuses d'un même noyau ne réagissent pas différemment à la section de leur prolongement axile, elles ne laissent pas de différer les unes des autres quant à la rapidité plus ou moins grande avec laquelle elles reviennent à l'état normal : « Cette diversité est telle que les cellules de l'hypoglosse, examinées trente-six jours après la section, par exemple, peuvent présenter entre elles les différences les plus profondes. A côté de cellules nerveuses qui ont repris un aspect presque

---

(1) V. Pugliese. *Sul centro psico-motore dei muscoli superiori della faccia.* Riv. di patol. nerv. e ment., 1898, III, 49, 54-55.

normal (abstraction faite du gonflement cellulaire et du volume considérable des éléments chromatophiles qui persistent plus longtemps), on en trouve d'autres où les éléments chromatophiles, reformés autour du noyau, laissent encore inoccupée toute la couche périphérique. Il existe même des cellules dans lesquelles le noyau a conservé sa position excentrique et dont le protoplasma ne renferme encore que quelques rares granulations chromatophiles. » Quoi qu'il en soit, la section ou la ligature d'un nerf moteur *crânien*, quel qu'il soit, est toujours suivie, au bout de quelques jours, de modifications profondes dans les cellules d'origine des fibres lésées, modifications admirablement mises en évidence par la méthode de coloration au bleu de méthylène, par la méthode de Nissl, et qu'on peut, d'un mot, appeler chromatolytiques. Or, d'après des recherches expérimentales récentes de van Gehuchten et de ses élèves, cette chromatolyse peut faire défaut après la section ou la ligature d'un nerf moteur *spinal* (1), au moins chez le lapin. Faut-il en conclure déjà que, chez cet animal, les deux espèces de neurones moteurs seraient doués d'une résistance variable ? « Que cette résistance du neurone spinal vienne à être considérablement affaiblie, comme cela semble se produire chez l'homme, dans les états fébriles permanents, et la lésion du prolongement cylindraxile entraînera dans les cellules motrices de la moelle le phénomène de la chromatolyse ». Inversement, si l'intensité du traumatisme vient à diminuer pour l'axone des neurones moteurs crâniens, la chromatolyse pourra faire défaut dans ces cellules nerveuses.

La section de l'axone d'une cellule *motrice* n'entraîne pas nécessairement sa désorganisation complète et sa mort; la phase de dissolution passée, les éléments chromatophiles se reforment : la vie, sans doute amoindrie, persiste. Il en va tout autrement d'une cellule d'un ganglion cérébral ou spinal, cellule *sensitive*, après la section de son *prolongement périphérique* ; la chromatolyse énergique qui résulte de cette lésion n'est pas suivie d'une régénération du neurone; il dégénère et disparaît. C'est ce que Lugaro avait le premier observé. La cause de cette différence profonde, van Gehuchten croit l'apercevoir sûrement, on l'a dit, dans la nature même, c'est-à-dire dans la nature physiologique, dans la fonction du prolongement périphérique de ces deux ordres de neurones. La fibre radiculaire du neurone moteur, neurone central, possède la conductibilité *cellulifuge* ; le prolongement périphérique du neurone sensible, neurone localisé en dehors de l'axe cérébro-spinal, possède la conductibilité

---

(1) Van Gehuchten. *A propos du phénomène de chromatolyse*. Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique, 26 février 1898.

cellulipète : « En coupant le prolongement cellulifuge d'un neurone moteur, nous lésons ce neurone dans son intégrité anatomique, mais nous laissons à sa cellule d'origine toutes ses connexions anatomiques préexistantes. Au contraire, en sectionnant le prolongement cellulipète du neurone sensible, non seulement nous lésons ce neurone dans son unité anatomique : nous soustrayons par le fait même sa cellule d'origine à ses connexions préexistantes ; nous la privons du coup de toutes les excitations externes que son prolongement périphérique était destiné à lui transmettre d'une façon incessante. » Ainsi la dégénérescence et la disparition des cellules des ganglions cérébro-spinaux à la suite de la section de leur prolongement périphérique relèverait moins encore de la lésion de ce prolongement, considérée en soi, que de la suppression de l'action trophique qu'exerçaient sur ces cellules les excitations d'origine externe.

Mais pourquoi n'observe-t-on point ou ne décèle-t-on que des traces de chromatolyse dans ces mêmes cellules sensitives des ganglions cérébro-spinaux après la section de leur *prolongement central*? Ce prolongement possède une conductibilité cellulifuge comme celle du prolongement radiculaire des cellules motrices. Le résultat de la section de ces deux espèces de nerfs est pourtant tout différent. Après la section des racines postérieures, entre le ganglion spinal et la moelle épinière, de chiens et de chats qui ont survécu de trois à soixante jours et plus, LUGARO n'a trouvé dans les ganglions spinaux de ces mammifères que des cellules normales ou légèrement chromatolysées. De même, après la section du nerf pneumogastrique du lapin au-dessus du ganglion plexiforme, VAN GEHUCHTEN n'a pu constater le moindre indice de chromatolyse dans les cellules d'origine des fibres de ce nerf après une survie de cinq à trente-deux jours des animaux. Ces recherches expérimentales sont d'ailleurs d'accord avec les observations pathologiques du névraxe des tabétiques : encore que les lésions destructives des fibres radiculaires postérieures, soit extra, soit intramédullaires, soient ici la règle et aient souvent persisté très longtemps, les cellules d'origine de ces fibres ont toujours été trouvées intactes. Ce fait, pour VAN GEHUCHTEN, reste inexpliqué dans l'état actuel de la science.

Suivant KARL SCHAFFER, OTTO JULIUSBERGER et ERNST MEYER, qui, en ces derniers mois, ont étudié, dans le tabes, l'état des cellules des ganglions spinaux avec la coloration de NISSL, l'absence de chromatolyse des cellules des ganglions spinaux, chez les tabétiques, ne devrait pas empêcher de faire remonter aux cellules d'origine des cordons postérieurs les lésions dégénératives qui frappent, dans cette affection, les prolongements intra-médullaires des racines postérieures. L'absence de chromatolyse serait simplement l'effet d'une adaptation quelconque de ces cellules

nerveuses à des conditions de vie modifiées par la maladie. Dans cette adaptation de neurones à des conditions nouvelles de milieu, peut-être ne faudrait-il voir qu'un épisode de cette lutte pour l'existence que soutiennent les unes contre les autres les différentes parties d'un organisme, d'après la doctrine de W. Roux, lutte où certains éléments de la cellule elle-même peuvent succomber et mourir, tandis que d'autres survivent et continuent d'exister, souvent d'une vie amoindrie et fonctionnellement très altérée, mais donnant encore l'illusion de la vie.

IV. — MICHAEL VON LENHOSSEK.

Michael von Lenhossek s'est déclaré à son tour, comme Ramon y Cajal, contre la théorie erronée d'un réseau nerveux diffus des centres nerveux : ce réseau n'est en réalité qu'un simple feutrage (*neuropilema* de His), sorte de « forêt vierge dont les fourrés impraticables sont formés de branches et de rameaux qui, quoique étroitement entrelacés, n'en sont pas moins distincts ». L'éminent disciple de Kölliker a insisté sur la théorie du contact, de Ramon y Cajal, qui « apporta la lumière, la vie et le mouvement » dans les schémas de Golgi. « On ne saurait présenter, dit-il, comme un postulat physiologique, la continuité des éléments nerveux entre eux ; au contraire (1) ». A l'hypothèse de la continuité de substance des réseaux protoplasmique ou cylindraxile, l'anatomie a substitué le fait d'observation du contact des prolongements de la cellule nerveuse pour l'explication physiologique des courants nerveux. L'onde nerveuse ne se propage plus par une voie unique ; elle prend fin déjà, dans sa forme initiale, à l'arborisation terminale du premier neurone, et provoque, dans le second, par une sorte d'induction, la manifestation d'états d'excitation spéciale, qui peuvent n'être pas de nature identique à celle du neurone antérieur. Le courant nerveux peut varier ainsi de forme spécifique en traversant la chaîne des neurones ; la propagation du courant rappelle les phénomènes d'induction, et cela s'accorde mieux avec la complexité des processus nerveux que l'hypothèse d'une voie directe, conduisant l'excitation nerveuse, de son point de départ à son point d'arrivée, sans modification ni changement.

Il est facile de répéter, surtout après un savant tel que Nissl, quoique ce savant n'apporte aucune démonstration de fait à l'appui, que la théorie des neurones a vécu, et que son arrêt de mort a été prononcé par les nouvelles méthodes de coloration de Stéfan Apáthy et d'Albrecht Bethe,

---

(1) M. v. Lenhossek. *Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen. Eine allgemeine Betrachtung der Strukturprinzipien des Nervensystems, nebst einer Darstellung des feineren Baues des Rückenmarkes.* 2te gænzl. umgearb. Aufl. mit 6 Taf. und 60 Fig. im Text. Berlin, 1895, VII-409. in-8°.

méthodes qui établiraient que les éléments du système nerveux, les neurones, loin de constituer des unités nerveuses isolées, font partie d'un réseau formé de mailles anastomosées, d'innombrables fibrilles nerveuses inter et intracellulaires, rappelant les anciens réseaux de Gerlach et de Golgi. Combien parmi ceux qui parlent ainsi ont seulement ouvert les mémoires d'Apáthy (1) et d'Albrecht Bethe (2) ? Les fameuses propositions qu'on prête à ces auteurs s'y trouvent-elles en réalité ? Voici ce qu'écrit à ce sujet Michel von Lenhossek, qui était sans doute capable de les voir si elles y étaient, et d'en interpréter congrûment la lettre et l'esprit :

« Je désirerais demander à l'auteur de ces lignes, dit-il en s'adressant à Nissl lui-même, de m'indiquer exactement laquelle des découvertes de Bethe il a en vue. Bethe ne saurait soutenir que, parmi les observations qu'il a jusqu'ici publiées comme lui appartenant en propre, il y en ait une seule qui justifie les conclusions qu'on en tire (3). » Bethe, il est vrai, n'a pas encore fait connaître sa coloration. L'eût-il fait, il n'y aurait rien de changé, car si ce procédé lui avait permis d'apporter la preuve d'une continuité des fibrilles nerveuses constituant le fameux réseau, il y a longtemps que cette démonstration serait faite, aussi bien pour les invertébrés que pour les vertébrés. Mais il ne l'a pas faite et ne prétend pas l'avoir faite. « Il est de toute fausseté d'invoquer ici Bethe » ; ce savant reconnaît tout au contraire que, même chez *Carcinus maenas*, il n'a pu se persuader de l'existence d'un réseau fibrillaire véritable. Ainsi tombe tout le bruit soulevé autour de prétendus faits démontrés. L'auteur auquel on les attribue n'a rien affirmé ; il a exprimé des doutes et laissé entrevoir des espérances de réforme demeurées jusqu'ici dans le domaine de l'hypothèse. Si l'on s'en tient aux faits démontrés, rien n'est changé ; la théorie

---

(1) S. Apathy. *Das leitende Element des Nervensystems u. seine topogr. Beziehungen zu den Zellen.* 1. Mitth. Mittheil. aus d. zool. Station zu Neapel, 1897, XII, 495.

(2) A. Bethe. *Vergleichende Untersuchungen üb. d. Functionem des Centralnervensystems der Arthropoden.* Arch. f. d. ges. Physiol. Bonn, 1897, LXVIII, 538 sq. — *Das Nervensystem von Carcinus Maenas.* Ein anat. physiol. Versuch. I, Th., 1-111 Mitth. Arch. f. mikr. Anat. 1897, 460, 1898, 443 — *Neue Thatsachen üb. die Structur. u. Funktion der Neurone.* Neurol. Centrabbl., 1897, 622. — *Uber die Primitivfibrillen in den Ganglienzellen u. Nervenfasern von Wirbelthieren u. Wirbellosen.* Anat. Anz. 1898, 37. Erg.-Heft. — *Ueber die Primitivfibrillen in d. Ganglienzellen von Menschen u. anderen Wirbelthieren* (Aus d. phys. Inst. d. Univ. Strassb.). Morphol. Arb. herausg. v. G. Schwalbe, VIII, 1, 1898. — *Das Verhalten der Primitivfibr. in den Ganglienz. d. Menschen u. bei Degenerationen in peripher. Nerven.* Neurol. Centralbl., 1898, 614

(3) M. von Lenhossek in Tübingen. *Kritisches Referat über die Arbeit* A. Bethe's: *Die anat. Elemente des Nervensystems und ihre physiologische Bedeutung.* Biol. Centralbl., 1898, XVIII. — Neurol. Centralbl., 1899, 242-6, 301-8.

des neurones subsiste. Mais cela indispose ceux qui l'ont condamnée sans connaître dans leur teneur les déclarations de BETHE lui-même. NISSL n'a perdu aucune occasion de lancer l'anathème contre la théorie des neurones et de fulminer à ce sujet de « grands mots », comme von LENHOSSEK s'exprime en notre langue (1). Et pourtant, si NISSL a personnellement perdu sa foi en une théorie, ce n'est qu'un point d'opinion ; la théorie des neurones n'en existe pas moins pour cela, d'autant plus que ce ne sont point ses propres recherches qui l'autorisent à parler comme il fait : il apparaît à von LENHOSSEK comme l'apôtre enthousiaste d'une secte nouvelle dont il n'est que le prophète.

I. — A ne considérer que les faits anatomiques eux-mêmes, voici ce que l'on constate :

Au cours de ses études sur le système nerveux des Arthropodes en général, et en particulier des Crustacés, BETHE a établi qu'à chaque segment du corps correspond un ganglion en rapport avec les deux moitiés du corps, formé lui-même de deux parties reliées par une commissure transverse. Un manteau de cellules nerveuses pour la plupart unipolaires et un réseau fibrillaire sous-jacent résultant des arborisations des fibres nerveuses, appelé « neuropile » (HIS), constituent chaque ganglion de la chaîne ventrale. Les cellules nerveuses autochthones du ganglion sont les unes motrices, les autres commissurales (commissures transverses et longitudinales). Du prolongement axile des cellules unipolaires sortent des axodendrites dont les branches se ramifient dans le neuropile. Les fibres radiculaires ou centrales des cellules sensitives périphériques pénètrent dans les ganglions en se dichotomisant. Les neurones qui envoient ainsi leur prolongement central dans le névraxe sont des cellules réceptrices ; les fibres radiculaires motrices, simples cylindraxes des neurones propres des ganglions, vont se distribuer aux appareils de motilité.

Toute cette description est identique à celle qu'ont donnée du névraxe des Invertébrés MICHEL VON LENHOSSEK et RETZIUS en 1892 avec la méthode de GOLGI. La bifurcation des fibres sensitives dans les centres nerveux, décrite pour la première fois chez un Invertébré par LENHOSSEK, reparaît dans les dessins de BETHE où les dendrites aussi bien que les cylindraxes s'arborisent librement. Mais, grâce à la méthode de coloration d'APÁTHY, véritable découverte, et dont personne ne révoque en doute l'importance pour l'histologie du système nerveux, BETHE croit avoir aperçu, dans *Carcinus*, les fibrilles et les réseaux signalés par APÁTHY dans la sangsue et le lombric. Chez *Carcinus*, ces neuro-fibrilles seraient toutefois moins développées et mainte autre particularité ferait défaut relativement aux différences entre les fibres motrices et sensitives.

« Telles sont les observations histologiques de BETHE sur les Arthropodes. Avec la meilleure volonté, écrit LENHOSSEK, il est impossible d'y rien découvrir qui aille contre nos idées actuelles, en particulier quant à la théorie des neurones. » Qu'il existe dans les éléments nerveux, tant

---

(1) FRANZ NISSL, *Rindenbefunde bei Vergiftungen*. Vortrag. Referat : Neurol. Centralbl., 1898, 613. — *Nervenzellen u. graue Substanz*. Münch. med. Wochenschr., 1898, 31-33.

des invertébrés que des vertébrés, des fibrilles propres, c'est, même en admettant que ces fibrilles sont des conducteurs du système nerveux, « ce qui n'a rien à faire avec la théorie des neurones ». Loin d'y contredire, ce fait la complèterait. « Ce qui aurait été funeste, au moins jusqu'à un certain point, à cette théorie, ç'aurait été de démontrer positivement le passage des neurofibrilles d'une unité nerveuse à une autre unité nerveuse, de façon qu'il ne fût plus possible de regarder le neuropile comme un complexus de fibrilles à terminaison libre, constituant un feutrage, mais comme un véritable réseau constitué par la fusion, par la continuité réticulaire de fibrilles primitives. *Seulement* Bethe *lui-même reconnaît qu'il n'a pas réussi à constater le fait*. Dans un travail de 1898 il écrit relativement à ce sujet : « Je n'ai jamais pu constater chez *Carcinus* un rapport direct entre les fibrilles provenant de deux neurones différents. » Depuis, Bethe n'a pas davantage observé ce rapport. Il a annoncé un travail dans lequel il doit montrer que, pour certaines raisons, « il croit s'être persuadé » qu' « un rapport de continuité existe entre les neurones, chez *Hirudo,* au moyen des fibrilles primitives, tel qu'Apáthy l'a décrit (1) ». Mais ce n'est qu'une présomption, et la preuve, la démonstration anatomique de ces anastomoses, Bethe jusqu'ici ne l'a pas donnée.

Or, en un si grave sujet, les faits seuls ont de la valeur, d'autant plus que la théorie des neurones qu'on attaque aujourd'hui n'est point, Lenhossek y insiste avec raison, une fiction théorique, une déduction logique : elle est née de l'observation. La théorie des neurones n'est même pas proprement une théorie. Ce qu'on désigne ainsi, d'une façon générale, c'est un nombre considérable d'observations histologiques directement constatables par les yeux ; c'est, avant tout, le fait que, soit dans les images obtenues avec le bleu de méthylène, soit dans les préparations au Golgi, les dendrites aussi bien que les arborisations cylindraxiles se terminent toujours librement. « Comment deux méthodes aussi hétérogènes que l'imprégnation au chromate d'argent et la coloration au bleu de méthylène se rencontreraient-elles pour donner exactement les mêmes produits artificiels, comme si elles s'étaient en quelque sorte entendues pour induire en erreur les observateurs ? » Michel von Lenhossek ne marchande pas son admiration aux travaux d'Apáthy, mais il croit de son devoir de déclarer que les considérations qui ont amené Apáthy à concevoir « le neuropile central comme un véritable réseau diffus élémentaire » ne l'ont point du tout convaincu. Il s'agit, en tout cas, de l'affirmation d'un seul investigateur.

---

(1) Arch. f. mikrosk. Anat., LI, 399. — *Die anatomische Elemente des Nervensystems und ihre physiolog. Bedeutung*. Biol. Centralbl., 1898, XVIII, 843.

Cette affirmation n'a encore reçu de confirmation d'aucun côté. Bethe n'apporte aucun appui à ceux qui soutiennent le contraire sans avoir lu les textes originaux, sans même tenir compte des déclarations de ce savant (1).

II. — Quant aux fonctions du système nerveux central, quant à la physiologie du névraxe, Michel von Lenhossek estime que les faits et les doctrines demeurent aujourd'hui ce qu'ils étaient hier, et qu'alors même que la réforme annoncée de la théorie actuelle des neurones se réaliserait quelque jour, au sens d'Apáthy et de Bethe, l'anatomie normale et pathologique en subiraient seules les effets, non la physiologie.

Chaque ganglion de la chaîne ventrale représente toujours un centre d'innervation d'un segment du corps, la moitié d'un ganglion demeure comme devant l'appareil nerveux réflexe de la moitié du segment correspondant. Après la section des commissures reliant un ganglion avec les ganglions voisins ou les deux moitiés d'un même ganglion, les réflexes persistent sans changement dans le segment du corps demeuré en connexion avec le centre nerveux. Le rôle des commissures transversales et longitudinales, c'est toujours de transmettre des excitations dans le même sens et de réaliser les conditions de la synergie fonctionnelle des centres moteurs. La propagation de l'onde nerveuse d'excitation a toujours lieu par la commissure longitudinale uniquement du côté où le *stimulus* a été appliqué. Comme les cellules endogènes du névraxe des Invertébrés, au lieu de recevoir le courant afférent dans un bouquet de dendrites situé au pôle opposé au prolongement axile, le reçoivent dans les ramifications des axodendrites sorties plus ou moins près de l'origine de l'axone, Bethe et ses partisans insistent, après Cajal d'ailleurs et quelques autres, sur la possibilité pour le courant cellulipète de devenir directement cellulifuge et d'actionner les fibres motrices des muscles sans passer par le corps de la cellule nerveuse elle-même. Pour vérifier expérimentalement cette hypothèse, Bethe a isolé, dans trois cas, chez *Carcinus mænas*, le centre nerveux de la deuxième antenne tant des autres parties du cerveau que

(1) Dans son article du Biologisches Centralblatt, 1895, XV, 140 sq. (*Der subepitheliale Nervenplexus der Ctenophoren*), Albrecht Bethe considérait comme erronées les observations d'anastomoses de nerfs sensibles décrites par Dogiel dans la peau des organes génitaux de l'homme; il se rangeait du côté de Kölliker, et ajoutait : « Dans ces derniers mois j'ai examiné un grand nombre de préparations très réussies au bleu de méthylène du système nerveux central et phériphérique de *Carcinus*, d'*Astacus* et de *Pagurus* à ce point de vue, et je n'ai jamais pu observer d'anastomoses. Je tiens donc la doctrine dominante de la conduction isolée des nerfs pour absolument exacte et je crois pouvoir opposer au reste du système nerveux les réseaux nerveux comme quelque chose de tout à fait différent. Je suis donc d'avis que dans ces réseaux nerveux, tels qu'on les constate dans les Cténophores, on est en présence des formes les plus anciennes et les plus primitives du système nerveux, et que la conduction nerveuse isolée est une acquisition postérieure. » Chez des animaux supérieurs aussi, d'ailleurs, à côté de la conduction nerveuse isolée, le réseau nerveux a persisté et existe conservé pour certaines fins en rapport surtout avec des réflexes simples et de nature diffuse (mouvements péristaltiques, contractions vaso-motrices. Arch. f. mikr. Anat., L, p. 410). Ainsi Bethe s'était d'abord rallié, il le reconnaît (*ibid.*), à la théorie du contact ou de la contiguïté; mais il soutenait que chez les animaux inférieurs le système nerveux apparaissait sous la forme d'un réseau à larges mailles en connexions continues avec les cellules nerveuses, et que l'existence de ce réseau avait persisté chez les animaux supérieurs, à côté du système des neurones isolés, dans certains organes.

de la chaîne ventrale, sans que ni le tonus musculaire ni les réflexes de l'antenne aient paru d'abord modifiés. Ainsi, quoique les cellules d'origine des fibres considérées pussent être toutes détruites, une fois les effets du choc et du traumatisme amendés, les fonctions de l'antenne n'auraient subi aucun changement essentiel, encore que l'excitabilité réflexe fût diminuée, que les réflexes devinssent de plus en plus faibles après le jour qui suit l'opération jusqu'à ce que l'antenne fût complètement paralysée le troisième ou le quatrième jour. Bethe conclut de ces expériences que, chez les Crustacés, les cellules nerveuses, c'est-à-dire les parties nucléées du neurone, ne sont pas absolument nécessaires à la production des réflexes, quoique l'appareil nerveux central ne puisse naturellement continuer à fonctionner sans cytoplasma. Mais le corps cellulaire n'aurait d'autre importance que celle d'organe de nutrition du neurone : ni son protoplasma, ni son noyau, dont la destruction entraîne fatalement la mort du neurone, ne participeraient à ses fonctions spécifiques, purement nerveuses. Tout au plus pourrait-on incliner à localiser dans la cellule nerveuse l'inhibition réflexe, car les réflexes semblent d'abord exagérés après l'isolement du corps cellulaire de son prolongement axile.

Mais une objection capitale, et qu'on n'a pas manqué d'élever contre ces déductions, s'impose ici. En détruisant le cytoplasma de la cellule, Bethe a laissé subsister les axodendrites du prolongement axile, lesquels font bien partie du neurone ; il n'a donc détruit qu'une portion de la cellule nerveuse, non la cellule nerveuse tout entière. C'est là aussi pour Lenhossek une objection décisive, et qui dissipe déjà ce qu'il y avait peut-être de paradoxal dans ces expériences. C'est le cas de rappeler les expériences classiques de mérotomie, et entre autres les résultats récents des expériences du même genre instituées par Max Verworn sur certains infusoires (*Lacrymaria*). Non seulement les parties anucléées survivent quelque temps : elles continuent d'exécuter les mouvements propres de l'animal entier et de réagir de la même manière qu'avant l'opération. Il n'y a rien de plus dans les expériences de Bethe. On doit donc persister à considérer génétiquement le neurone tout entier comme une cellule dont la portion nucléée est nécessaire à la vie de l'organite. Après l'isolement du corps cellulaire, les axodendrites du prolongement axile des cellules des ganglions de la chaîne des invertébrés restent ce qu'ils sont, c'est-à-dire des portions du protoplasma cellulaire ; il n'y a donc pas lieu d'être surpris de voir survivre quelques jours les fonctions spécifiques de cette matière vivante dans un tronçon pour ainsi dire séparé du corps.

Le principal argument invoqué pour revenir à l'ancienne et primitive doctrine de la théorie des neurones, à celle de Nansen, par exemple, d'après laquelle le corps cellulaire ne serait qu'un organe trophique, ne participant en rien aux fonctions nerveuses, tombe donc de nouveau. Le seul rapport qu'aurait, d'après Bethe, la cellule nerveuse avec les fonctions spécifiques qui lui sont attribuées, c'est qu'elle est une station de transit d'un nombre plus ou moins considérable de neurofibrilles con-

ductrices, et que, surtout chez les vers, elle représente la station intercalaire du réseau fibrillaire intracellulaire où parviennent et d'où partent les voies nerveuses. Mais ces rapports seraient de nature purement topographique : l'onde nerveuse circulant dans les fibrilles et dans le réseau ne subirait aucune influence ni du protoplasma ni du noyau.

« Bethe exprime là une opinion qui, prise à la lettre, écrit von Lenhossek, ne pourra jamais être prouvée ni réfutée. Ce ne sont pas ses expériences sur *Carcinus mænas* au moins qui le pourront. Il y a loin toutefois de la simple contraction réflexe d'un segment de Crustacé et du jeu compliqué des fonctions nerveuses et psychiques des organismes supérieurs. Si la portioncule de protoplasma nerveux que, dans ses expériences, Bethe a laissé subsister dans le neuropile, sous la forme des axodendrites, suffit pour cette simple réaction motrice, il n'en suit pas que des fonctions plus complexes puissent se réaliser sans qu'une plus grande portion du cytoplasma cellulaire du neurone participe au processus, c'est-à-dire sans une participation d'ensemble du corps cellulaire et de ses dendrites. Il faut encore tenir compte de l'éventualité qu'il existe peut-être, chez les Invertébrés, ou du moins dans la classe des Crustacés choisis par Bethe, des rapports spéciaux, qui ne se prêtent point à une telle généralisation. Comment Bethe peut-il expliquer que, chez les Invertébrés, la double activité du plasma nerveux — comme substance de nutrition du neurone et comme siège de l'événement nerveux, dont la nature nous est inconnue, — soit localement séparée, de telle sorte que les dendrites du neuropile participent seuls de la fonction nerveuse et que le cytoplasma n'ait que celle d'organe trophique, alors que, chez les Vertébrés, les deux fonctions appartiennent également en propre à toutes les parties de la cellule nerveuse ?... Où, dans la série entière des vertébrés, le corps cellulaire se trouve-t-il ainsi rejeté hors du neuropile, c'est-à-dire hors du territoire où débouchent les voies réceptrices du système nerveux et où l'on doit situer le lieu du jeu central des courants d'excitation ? On ne saurait comparer à la disposition en question les rapports, semblables seulement en apparence, offerts par les cellules des ganglions spinaux des Vertébrés. Les nouvelles recherches de Cajal, de Dogiel, etc., nous ont appris, en effet, que les corps piriformes des cellules de ces ganglions, loin d'être isolés de tout contact avec les terminaisons nerveuses des nerfs, sont au contraire environnés d'une multitude de ramifications terminales, entrelacées en forme de clisse ou de corbeille, de fibres nerveuses du sympathique ou d'autre provenance, et sont ainsi nettement engagés dans la voie des processus nerveux, tandis que, chez les Invertébrés, pas une seule fibre ne se distribue à la périphérie du corps piriforme d'une cellule d'un ganglion de la chaîne ventrale. Que des réflexes ordonnés puissent d'ailleurs avoir lieu non seulement en l'absence d'un corps cellulaire, mais de tout élément nerveux, même chez les Métazoaires, le cœur du poulet en est un exemple, dont les pulsations sont mises en train à une époque où n'existe encore aucune fibre, aucune cellule nerveuse.

« Que le corps cellulaire, avec ses dendrites, possède la plus grande importance pour la nutrition du neurone, personne, à coup sûr, ne le conteste. Peut-être cette fonction trophique est-elle liée à cette substance basophile qui représente un élément si considérable de ce qui apparaît dans le corps cellulaire des cellules nerveuses (corpuscules chromatiques de Nissl, tigroïde de von Lenhossek). Si l'on ne saurait positivement démontrer que les éléments chromatophiles sont étrangers aux fonctions nerveuses, il est permis de l'inférer du fait que cette substance présente déjà de profondes altérations morphologiques aux stades initiaux de certaines affections de l'organisme, alors que la fonction spécifique du

neurone n'a encore subi aucun trouble. Cette substance constitue dans un très grand nombre de cellules nerveuses une partie si considérable du corps cellulaire tout entier que, si nous nous rangeons à l'hypothèse dont il s'agit, c'est-à-dire si nous considérons le corps cytoplasmique comme le siège d'une provision de réserves nutritives du neurone, le rôle trophique du corps cellulaire en résulte manifestement. Mais, outre les éléments chromatophiles et les fibrilles qui serpentent entre eux, il existe encore, dans chaque cellule, une quantité plus ou moins grande de plasma fondamental (*Grundplasma*) : or, ce qui paraît de beaucoup le plus vraisemblable, c'est que *ce plasma fondamental est le siège d'une activité spécifique nerveuse*. Certes, on ne saurait jamais dépasser ici la portée d'un jugement de pure probabilité. Ce n'est qu'indirectement, au moyen de l'observation anatomique et anatomo-pathologique, qu'il nous est loisible de trouver un fondement pour notre idée du rôle de la cellule nerveuse dans l'événement nerveux. L'anatomie nous révèle à cet égard les variétés sans nombre que présente la cellule nerveuse dans les différentes régions du névraxe, soit quant à sa forme et à son mode de ramification, soit quant à son volume, à son ordonnance, à sa structure interne, etc. Quelle diversité typique offrent, par exemple, les cellules pyramidales de l'écorce cérébrale aux différentes zones du cortex ! Eh bien, tout cela serait simplement inintelligible si les cellules nerveuses n'étaient que de simples dépôts de réserves alimentaires, des magasins de vivres du neurone... D'autre part, l'anatomie pathologique fortifie notre idée du rôle spécifique de la cellule nerveuse en nous démontrant quelle part lui revient dans toutes les affections nerveuses et mentales. A la vérité on peut nous objecter que ces dégénérations cellulaires se comprendraient encore même dans l'hypothèse où les corps cellulaires ne seraient que de simples organes trophiques des neurones ».

L'importance accordée aux neurofibrilles comme à des appareils de conduction nerveuse dans les doctrines de Bethe paraît exagérée. Qu'elles servent à cette fonction, soit ; mais ce que personne ne peut tenir pour prouvé, c'est qu'elles constituent seules l'élément conducteur du névraxe. Pourquoi exclure complètement la substance interfibrillaire de la conduction nerveuse, demande von Lenhossek ? Est-ce parce que les fibrilles nerveuses se terminent nues dans les muscles et les épithéliums, et partant sans substance périfibrillaire ? Ce fait d'observation n'établit qu'une chose, c'est que ces fibrilles cylindraxiles conduisent le courant nerveux sans substance interfibrillaire ni périfibrillaire.

Ainsi, quand même on souscrirait sans condition à tout ce que postule Bethe, la théorie des neurones demeurerait absolument intacte. Que les rapports des arborisations des fibres sensibles avec les dendrites des cellules motrices aient lieu dans le neuropile par contact ou par continuité, c'est d'abord ce qui, physiologiquement, ainsi que l'avait déclaré Forel, est indifférent. De même pour la question de savoir si le corps cellulaire des cellules motrices prend part ou non aux processus nerveux. La meilleure preuve de ceci, c'est que Ramon y Cajal, le fondateur et le principal représentant de la théorie des neurones, comme l'appelle Lenhossek, a émis naguère, sur le rôle du corps cellulaire, des idées fort analogues à celles où Bethe a été conduit par ses expériences. Nous avons rappelé plus haut les faits d'anatomie invoqués par Cajal pour réformer l'ancienne théorie de la polarisation nerveuse en une nouvelle théorie de polarisation axipète des neurones. Mais, s'il s'en tient à ce qu'il sait,

jamais le physiologiste ne pourra produire aucun fait favorable ou défavorable à la théorie des neurones. Les phénomènes qu'il étudie se peuvent aussi bien expliquer dans l'hypothèse de la contiguïté que dans celle de la continuité des voies nerveuses.

Si la question n'a pour le physiologiste qu'un intérêt secondaire, il n'en est pas de même pour l'anatomiste, qui s'intéresse surtout à la morphologie, et pour l'anatomo-pathologiste, qui doit porter toute son attention sur les phénomènes de dégénération et d'atrophie des éléments du système nerveux. Pour démontrer ce qu'ils affirment, les partisans de l'hypothèse de la continuité n'ont qu'un seul moyen : c'est d'apporter des préparations qui soient de nature à convaincre tout le monde. Quand la preuve et la contre-épreuve sera faite et parfaite, personne n'hésitera à modifier ses idées sur ce sujet et à se soumettre au verdict des faits. Jusqu'ici, loin de ruiner la théorie des neurones, Apáthy et Bethe ne l'ont pas même ébranlée.

Michel von Lenhossek résume ainsi les raisons sur lesquelles il s'appuie pour maintenir la vérité de cette théorie :

« 1° La théorie des neurones n'est pas une inférence ; elle est fondée sur des observations anatomiques positives. Et personne n'a encore apporté la preuve que ces observations soient des illusions, des apparences trompeuses créées de toutes pièces par la technique ;

« 2° Les objections anatomiques qui jusqu'à Apáthy ont été élevées contre la théorie des neurones (théories des anastomoses, etc.), et qui reparaissent de temps en temps, ont toutes été réfutées. L'affirmation d'Apáthy, suivant laquelle les fibrilles élémentaires du neuropile forment un réseau cohérent, n'a pas été jusqu'ici confirmée ;

« 3° La physiologie n'a rien à alléguer de valable contre la théorie des neurones ;

« 4° La pathologie est favorable à la théorie des neurones ;

« 5° Tant que l'affirmation, jusqu'ici isolée, de l'existence d'un « réseau élémentaire » dans le système nerveux central ne sera pas confirmée de divers côtés, en particulier pour les Vertébrés, la théorie des neurones devra être reconnue comme absolument légitime ;

« 6° Si la preuve devait être administrée que des fibrilles élémentaires passent d'une unité nerveuse dans l'autre, la théorie des neurones, tout en subissant une certaine restriction, n'en continuerait pas moins à conserver sa valeur propre et son importance, de même que la théorie cellulaire demeure intacte malgré les ponts intercellulaires observés en tant de régions du névraxe. La conception du neurone n'en devrait donc pas moins persister comme celle d'un organite génétiquement dérivé d'un neuroblaste et d'un élément cellulaire trophique constituant un individu. »

Ce que **Bethe** voudrait prouver, mais sans qu'aucune preuve en existe, même pour lui, du moins chez *Carcinus mænas*, c'est que « tout événement psychique est un jeu des stimuli du monde extérieur dans les réseaux fibrillaires du cerveau ». Tout son effort tend à rapporter aux neurofibrilles et à leur réseau le rôle jusqu'ici attribué aux cellules nerveuses. Et il montre naturellement que les processus psychiques ne sont pas plus difficiles à comprendre dans cette hypothèse que dans l'autre. Ainsi que nous l'avons souvent écrit nous-même, **Bethe** rappelle que les cellules nerveuses de l'écorce cérébrale ne doivent point être imaginées à l'instar de cassettes où nos images mentales seraient conservées. Puisque, dit-il, nos images, ou nos idées, ne se réveillent jamais spontanément, ce qui est exact, et qu'un événement du monde extérieur est nécessaire à ces manières de résurrection, le moyen de parler encore de la mémoire au sens traditionnel d'un magasin de notions où le moi vient puiser au fur et à mesure de ses besoins ? Nos souvenirs ne reparaissent que pour disparaître de nouveau ; leur évocation est suivie de leur évanouissement. Ce sont des événements, non des états psychiques.

C'est bien là ce que **Wernicke**, **Heinrich Sachs** et d'autres auteurs encore ont souvent répété. Mais M. von **Lenhossek** n'adopte pas, au moins dans ces termes, cette interprétation. Une même impression sensible provoque, chez des individus différents, des images et laisse des souvenirs fort divers. Il faut bien admettre que cette diversité résulte de celle du substratum mental de ces individus, c'est-à-dire de la structure et de la texture de leurs cerveaux. Des impressions antérieures ont dû produire dans ces cerveaux des *états* différents, et, suivant la nature de ces états, de ces modifications permanentes, les cerveaux considérés doivent de nécessité réagir diversement à une même impression, sensation et perception. **Bethe** admet l'existence de ces résidus de sensations ; il les désigne par le mot de « dispositions ». Mais, demande **Lenhossek**, que peut-on entendre par ce mot, sinon un certain état physico-chimique de la substance nerveuse, un certain ordre déterminé des molécules cérébrales, que celles-ci soient celles de cellules nerveuses ou de fibrilles nerveuses anastomosées en réseau ? Or, c'est cette ordonnance, cette orientation différente des molécules cérébrales, acquise, non innée, qui constitue la mémoire individuelle. Il s'agit bien là d'un *état*, d'une modification plus ou moins permanente, non d'un événement. L'événement se produit lorsqu'une onde d'excitation passe à travers ces molécules disposées, groupées dans un ordre particulier. Le souvenir, l'image évoquée de notre mémoire qui apparaît alors n'est qu' « un phénomène d'accompagnement psychique de ce processus matériel ». C'est ainsi que, dans l'orgue de Barbarie (la comparaison, renouvelée de **Descartes** et de

Charcot est de Lenhossek), il n'y a pas de musique tant qu'on ne tourne pas la manivelle. L'ordre ou la disposition sur le cylindre des pointes qui, quand le cylindre tourne, font mouvoir les touches d'un clavier, n'est pas proprement un morceau de musique. On a pourtant raison de dire que cet orgue renferme un certain nombre de morceaux de musique. Il en va tout de même du cerveau et de ses images mentales, de ses souvenirs latents (1).

Le système nerveux central des Invertébrés est construit sur le même plan que celui des Vertébrés. Grâce aux travaux de Retzius, de Biedermann, de Bürger et surtout de Lenhossek lui-même, sur des crustacés, des vers et des mollusques, exécutés avec la méthode d'Ehrlich au bleu de méthylène ou avec le procédé de Golgi, on sait que les cellules nerveuses de la chaîne ventrale et des ganglions de ces êtres vivants, quoiqu'appartenant surtout au type unipolaire, ne laissent pas de présenter des cellules bipolaires et multipolaires (crustacés et vers). A s'en tenir à la forme unipolaire, on voit que le corps cellulaire, d'aspect piriforme, émet un fort prolongement qui se divise quelquefois en forme de T, d'une façon analogue à ce qu'a vu Cajal chez les Vertébrés ; mais presque toujours ce prolongement s'infléchit indivis dans une racine nerveuse et quitte la moelle : ces fibres sortent donc bien directement des cellules nerveuses du cordon ventral pour se rendre aux muscles. Mais, de sa cellule d'origine jusqu'à sa sortie du ganglion abdominal, ce prolongement (*Stammfortsatz*) émet des rami-

---

(1) Ramon y Cajal a donné une interprétation histologique de l'erreur dans laquelle sont tombés, suivant lui aussi, tous ceux qui ont décrit un réseau fibrillaire interstitiel qui s'étendrait à travers toute la substance grise et servirait à la transmission des courants nerveux ; il témoigne avoir observé cette « réticulation superficielle des cellules nerveuses centrales » dans toutes ses préparations au bleu de méthylène : « L'erreur que recèle cette interprétation (de Bethe, de Nissl) est si grave, dit-il, si grand est le recul que son admission impliquerait dans la connaissance du système nerveux, que nous sommes tenus de dire au moins quelques mots sur ce sujet, avec le désir naturel d'éviter, s'il est possible, qu'une semblable équivoque, vraiment incompréhensible chez des savants du mérite de Bethe et de Nissl, ne fasse quelque impression sur ces esprits légers, plus attachés à la mode qu'à la vérité, qui regardent avec un plaisir mal réprimé toutes les attaques, quelque vaines qu'elles soient, dirigées contre les doctrines scientifiques les plus solidement établies (*). » Golgi a naguère décrit également ces réseaux superficiels des cellules, mais sans tomber dans l'erreur de ceux qui les considèrent comme un appareil de conduction nerveuse. Ce réseau périsomatique n'envoie au dehors aucun prolongement fibrillaire pouvant constituer les mailles d'un réticulum nerveux central. Pour le présent, et tant que Nissl et Bethe n'apporteront pas de faits plus concluants, il n'y a aucune raison pour modifier la théorie des neurones ni la doctrine des connexions réalisées au moyen des arborisations nerveuses péricellulaires. « Par conséquent le réseau fibrillaire de la substance grise décrite par Nissl ne représente, conclut Cajal, qu'une conjecture anatomo-physiologique entièrement gratuite et contraire à tout ce que nous apprennent sur ce sujet les méthodes les plus démonstratives. »

(*) Ramon y Cajal, *La red superficial de las células nerviosas centrales*. Rev. trimestr. microgr., 1898, III, 199 sq. Cf. Semi Meyer. *Ueber die Funktion der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen*. Berichte d. math.-phys. Kl. d. kön. sächs. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig. Sitz. v. 25 oct. 1897.

fications collatérales (*Nebenfortsätze*), courtes ou longues, qui se terminent par de libres arborisations, constituant encore, non un « réseau nerveux central », mais un feutrage. « La connexion physiologique des différents éléments nerveux a donc lieu aussi chez les vers par contact, non par continuité ou réunion directe des prolongements » (Retzius).

Lorsque l'on compare les cellules ganglionnaires des Invertébrés avec les cellules nerveuses du cerveau et de la moelle épinière des Vertébrés supérieurs, une question difficile se présente, celle de la nature des collatérales de leur axone : 1° on peut considérer les branches latérales du prolongement nerveux des cellules motrices de la chaîne ventrale des Invertébrés comme les analogues des dendrites sortant ici, non comme chez les Vertébrés, du corps cellulaire, mais du tronc du prolongement nerveux (Retzius et Cajal); 2° on peut aussi supposer que ces branches ramifiées ne correspondent pas aux dendrites, mais aux collatérales qui, chez les Vertébrés, partent du prolongement nerveux ou cylindraxile, parce que, chez les Invertébrés, il n'y aurait pas de dendrites : c'est l'opinion de Waldeyer. A son tour von Lenhossek estime qu'il ne convient pas d'affirmer rien d'absolu touchant les cellules des ganglions abdominaux, et que chaque cas doit être examiné à part ; il incline toutefois pour la première des deux manières de voir, celle de Retzius et de Cajal. Ces collatérales seraient donc des manières de dendrites.

Ajoutez que, chez les Vertébrés, les dendrites et les « fibrilles latérales », c'est-à-dire les fibrilles qu'émet à son origine le prolongement nerveux et sur lesquelles nous reviendrons, sont des organes de réception des excitations, le cylindraxe et ses collatérales proprement dites des organes d'émission de l'excitation cellulaire. La direction du courant nerveux, cellulipète dans les dendrites, est cellulifuge dans le cylindraxe et dans ses

---

Edinger, qui semble incliner à admettre en principe, chez les Invertébrés, l'existence du réseau fibrillaire d'Apathy, atteste que, quoi que soutienne Bethe, les préparations de ce savant, telles qu'on a pu les voir à Baden-Baden et à Kiel, en 1898, ne demontrent nullement l'existence, chez les Vertébrés, d'un réseau élémentaire extracellulaire. Aucun fait n'a été produit, répète le célèbre anatomiste de Francfort, qui ruine notre idée du neurone comme *unité biologique* du système nerveux. Tous les phénomènes d'histopathologie aujourd'hui connus ne sont intelligibles que par la théorie actuelle des neurones. Or cette conception n'est même pas « touchée » par la découverte des fibrilles qu'Apathy et Bethe témoignent avoir observées avec leurs méthodes. La théorie des neurones ne saurait être abandonnée avant qu'on ait établi qu'elle est inconciliable avec les faits nouveaux annoncés. « Mais c'est ce qu'on n'a point montré », conclut Edinger. — L. Edinger u. A. Wallenberg. *Bericht über die Leistungen auf dem Gebiete der Anatomie des Centralnervensyst.* während 1897 u. 1898. Sond.-Abdr. aus « Schmidt's Jahrbücher » d. ges. Med. Bd. CCLXII. 65 Outre von Lenhossek, Ramon y Cajal, Semi Meyer, Garbowski, Barker, Ad. Meyer, Fish, Edinger rappelle le nom de Flemming parmi ceux des savants qui, d'accord avec la majorité des histologistes, ont tiré de nouveaux arguments de la théorie des neurones pour la défendre contre les attaques d'Apathy, de Bethe, de Held, de Mann et de Nissl.

collatérales (*axone* et *paraxones*). Or, si nous considérons comme motrices, pour la plupart, les cellules unipolaires des ganglions centraux des Invertébrés, supposition qui s'appuie sur le fait de la localisation dans la peau d'une partie considérable des cellules de sensibilité, force est d'admettre que l'excitation qui détermine d'une manière réflexe l'activité de la cellule piriforme et la production consécutive du mouvement musculaire, arrive à cette cellule par les collatérales de son prolongement nerveux ; celles-ci, par le tronc de ce prolongement, conduisent à la cellule l'excitation apportée par les libres terminaisons des nerfs sensitifs dans le ganglion, et la transformation de la sensation en impulsion motrice a lieu dans le corps protoplasmique des cellules unipolaires, d'où partent les courants qu'apportent aux muscles les prolongements cylindraxiles de ces cellules ganglionnaires. La direction du courant nerveux des collatérales de ces cellules est donc cellulipète ; ce sont des organes de réception des stimuli partis de la périphérie et, au point de vue de la physiologie du moins, un rapprochement est permis entre ces collatérales et les dendrites des vertébrés. Cette conception ne vaut d'ailleurs, suivant von LENHOSSEK, que pour les cellules motrices de la chaîne ganglionnaire. S'il existe aussi, dans le système nerveux central des Invertébrés, des cellules de sensibilité, et il doit en exister, on le verra bientôt, ainsi que des cellules d'association (*Schaltzellen*), et si ces éléments sont construits d'après le type régulier, les collatérales de leur prolongement nerveux devront avoir une fonction différente de celle de ces *axodendrites* des cellules motrices des Invertébrés, c'est-à-dire qu'elles devront ressembler aux collatérales des Vertébrés, dont le courant nerveux est cellulifuge.

I. **Histologie du neurone.** — Le système nerveux apparaît à von LENHOSSEK comme constitué par la somme d'un grand nombre d'unités ou individus (EDINGER) qui, dès leur apparition, à l'état de *neuroblastes*, se montrent indépendants, isolés, et demeurent toujours tels, en dépit des rapports de contiguïté ou de proximité qu'ils contracteront plus tard, au moyen de leurs prolongements, avec les autres neurones. Le neurone (WALDEYER) ou le *neurodendrone* (KÖLLIKER), c'est la cellule nerveuse avec ses prolongements protoplasmiques et cylindraxiles, d'une étendue et d'une surface souvent énormes. Le mot de *cellule nerveuse* doit être réservé au corps protoplasmique nucléé. Tous les neuroblastes sont des cellules nerveuses jusqu'au moment, très rapproché de leur naissance, où ils émettent un prolongement. Mais d'autres cellules, même après leur développement définitif, doivent encore être appelées de ce nom : ce ne sont point les cellules des ganglions spinaux, qu'on a appelées apolaires, car il n'existe pas de cellules apolaires, mais les cellules épithéliales des sens, ou neuro-

épithéliales, situées à la périphérie du corps, dans les organes de l'ouïe, du goût, etc. Tous ces éléments sans prolongement n'ont avec les fibres nerveuses aucun rapport direct : ce sont bien des cellules nerveuses, des « éléments qui déjà, par la nature propre et spéciale de leur protoplasma, possèdent la faculté d'être mis dans un état d'excitation déterminé par certains *stimuli* externes ». Il n'y a pourtant ni cylindraxes ni dendrites. Ce sont les ramifications cylindraxiles des cellules nerveuses, mises en rapport avec ces éléments, qui conduisent aux centres l'excitation accumulée dans la cellule neuroépithéliale. Peut-être devrait-on ranger parmi elles certains éléments de la rétine, ceux des cônes et des bâtonnets en particulier.

Dans toutes les autres unités nerveuses, on distingue deux parties principales : la cellule nerveuse proprement dite (*neurocyte*) et son prolongement nerveux (*neuraxone* ou *axone* (Kölliker), long (*inaxone*) ou court (*dendraxone*). Le prolongement nerveux peut être multiple et se diviser soit à proximité de la cellule (*diaxones* et *polyaxones*), soit sur son trajet, en deux ou plusieurs fibres (*schizaxones*) possédant le même caractère histologique de prolongement nerveux, avec arborisations terminales propres. Les cellules des ganglions spinaux dans les poissons sont des *diaxones*. On rencontre des *polyaxones* dans les ganglions viscéraux du sympathique, la couche moléculaire du cerveau (*cellules de* Cajal). Mais le type propre de l'unité nerveuse, c'est le prolongement nerveux unique ou *monaxone* ; ce prolongement se termine toujours librement, soit sans se ramifier (corpuscules de Vater, fibres parallèles de la couche moléculaire du cervelet, etc.), soit en se ramifiant en une arborisation (*télodendrone*), troisième élément de l'unité nerveuse. L'exemple le plus simple d'un prolongement nerveux nous est offert par la cellule périphérique des nerfs des sens, par le prolongement central des neurones de la muqueuse olfactive des Vertébrés : ce neurone se distingue de la cellule neuro-épithéliale par la possession d'un prolongement qui s'arborise dans les glomérules du lobe olfactif; on a ici les trois segments du neurone : cellule, fibre et arborisation. Mais dans la plupart des cellules, dans toutes les cellules centrales, ce type simple se complique : la cellule nerveuse pousse ses dendrites, le prolongement nerveux ses branches collatérales ou paraxones. Ces annexes, qui s'étendent souvent si loin dans le système nerveux, ne sont pourtant pas des attributs indispensables de l'unité nerveuse, puisqu'il existe non seulement des cellules nerveuses *adendritiques* (cellules des ganglions spinaux, etc.), mais aussi des prolongements nerveux dépourvus de *collatérales*, tels que ceux des cellules d'origine des racines antérieures, des fibres optiques, des fibres olfactives. Chez les Invertébrés, les cellules nerveuses typiques sont

adendritiques; mais les collatérales, ou axodendrites, des prolongements nerveux jouent un grand rôle.

« Des trois parties constituant le neurone, la *cellule nerveuse,* avec ses *dendrites,* nous apparaît sûrement comme l'élément percevant et impulsif, » a écrit von Lenhossek. La *fibre nerveuse,* ses collatérales et son arborisation terminale, représentent les moyens de conduction et d'émission, véritables excroissances du corps cellulaire, grâce auxquelles le neurone peut entrer en rapport avec les autres neurones, soit à proximité, soit éloignés, entourer d'autres cellules nerveuses de ses ramifications, s'élever dans les territoires de l'écorce, où se terminent les fibres de la sensibilité, ou se distribuer aux éléments contractiles, toujours par des contacts simples. Il en est partout ainsi, chez les Vertébrés comme chez les Invertébrés, depuis l'apparition de la première cellule nerveuse avec son prolongement nerveux, jusqu'aux mammifères. Le prolongement nerveux est en réalité quelque chose de différent des dendrites; il en diffère et par son mode de développement et par sa structure histologique. Les dendrites forment proprement un tout avec le corps cellulaire : ils font partie du corps de la cellule; le prolongement axile, ou *axone,* est un *produit* de la cellule; en ce sens il possède une plus grande indépendance.

Au sortir de la phase de croissance que traverse la cellule nerveuse comme *neuroblaste,* la première fonction qu'elle déploie, c'est celle de sa conservation : elle absorbe et assimile des matières nutritives, c'est-à-dire la lymphe, qui la baigne de toutes parts avec ses prolongements, ainsi que les autres cellules de l'organisme; elle assimile donc cette nourriture liquide et en rejette les déchets. Ces échanges ont lieu par la surface du corps cellulaire; ils sont particulièrement favorisés par l'énorme extension de cette surface due aux ramifications des dendrites (Schieffendecker). A cet égard, et en calculant que les dendrites des cellules nerveuses des cornes antérieures ou de celles de Purkinje centuplent au moins l'étendue de ces organismes, on peut dire en un certain sens que ces prolongements protoplasmiques sont bien des organes de nutrition de la cellule nerveuse. Non qu'il faille confiner leur rôle à cette fonction de la nutrition, comme l'a fait Golgi. Le célèbre histologiste de Pavie admet, on le sait, que, par leurs extrémités, les dendrites se fixent comme des racines sur les vaisseaux sanguins et attirent, par le canal de ces extrémités, le plasma nutritif dans le corps cellulaire. Von Lenhossek ne peut croire que, aujourd'hui encore, Golgi persiste dans cette hypothèse. Il n'a, quant à lui, aperçu nulle part ces rapports des dendrites avec les vaisseaux; il a même vu ces ramifications apparaître à une période où il n'existait pas de vaisseaux dans la substance nerveuse, et, après l'apparition de ceux-ci,

il n'a pu constater que la direction des prolongements protoplasmiques en fût en rien modifiée. Les dendrites absorbent par tous les points de leur étendue, à leur base comme à leurs sommets, les matières nutritives dont le courant progresse, il est vrai, dans la direction du corps cellulaire, où il se mêle au plasma de la cellule. Ces matières ne sont pas non plus directement tirées du sang, comme l'implique l'hypothèse de Golgi, mais de la lymphe qui, des capillaires sanguins, vient baigner les organes centraux et remplit toutes les lacunes que laissent entre elles les délicates ramifications des éléments nerveux. Sans doute ce liquide n'est point partout également réparti dans le cerveau et la moelle épinière, et sa circulation est à la fois plus abondante et plus active là où se trouvent de grands amas de cellules nerveuses, dans la substance grise de l'écorce, que parcourt un si riche réseau de vaisseaux sanguins, en rapport avec l'intensité des échanges de ces cellules.

Quant au mode de nutrition de la fibre nerveuse, et en particulier des nerfs périphériques, von Lenhossek considère comme invraisemblable que ces cylindraxes tirent leur matériel de nutrition de leurs cellules d'origine, non seulement à cause de l'énorme distance qui les sépare de leur centre histogénique, mais parce que le courant de la nutrition va, dans les cellules nerveuses, de la surface périphérique du corps cellulaire au centre, dans une direction cellulipète. Les vaisseaux propres des faisceaux nerveux plaident déjà pour une nutrition autonome des fibres de ces faisceaux ; en clinique, l'anesthésie et la paralysie résultent quelquefois d'embolie et de thrombose périphérique ; enfin, dans les fibres myéliniques, les étranglements de Ranvier sont le point où les sucs nutritifs peuvent arriver aux cylindraxes enfermés dans les segments interannulaires par la gaine imperméable de myéline. Mais, de ce que les nerfs périphériques tirent leur nourriture des milieux qu'ils traversent, cela n'exclut point toute influence trophique de la cellule nerveuse sur son prolongement axile. Le bout périphérique d'un nerf séparé de son centre dégénère depuis l'extrémité sectionnée jusqu'à son télodendron ; le bout central demeure d'abord intact. Que le nerf soit moteur ou sensitif, il n'importe, selon Waller. On peut croire, en effet, que le prolongement nerveux d'une cellule, quelque éloigné qu'il soit de sa cellule d'origine, en fait toujours partie et en dépend, comme les pseudopodes d'une amibe du corps du protozoaire. La solidarité des parties et du tout est sans doute une condition d'existence pour l'élément nerveux, considéré comme un petit organisme. Schäfer, Strümpell voient dans le noyau cellulaire le facteur trophique de la cellule, puisque, chez une amibe sectionnée en deux ou plusieurs parties, les portions nucléées continuent seules à vivre ; les parties anucléées meurent bientôt, sans doute par suite d'une nutrition

défectueuse (expériences de mérotomie de Nussbaum, de Graber, de Balbiani, Hofer, etc.).

Ces faits rendent plausible l'existence de fonctions trophiques dans la cellule; ils n'éclairent pas le mécanisme de cette influence trophique du corps cellulaire sur ses prolongements. Le seul essai de valeur qui ait été tenté pour résoudre ce problème est dû, von Lenhossek le reconnaît, à G. Marinesco, et repose sur les altérations des nerfs et de la moelle épinière qui suivent les amputations. D'après la loi de Waller, le segment périphérique d'une fibre nerveuse devrait bien dégénérer, non la cellule nerveuse et le bout central du nerf. Marinesco soutient que l'activité trophique de la cellule nerveuse n'est point une activité purement automatique, qu'elle résulte de la continuité des excitations fonctionnelles du neurone. Mais si cette explication convient au cas spécial des amputations, elle serait insuffisante, selon von Lenhossek, pour rendre compte d'un certain nombre d'autres phénomènes, tels que les faits de « dégénérescence ascendante » des nerfs moteurs, etc. Nissl a démontré de la façon la plus exacte que, quelques jours déjà après la section du nerf facial, ses cellules d'origine dans la moelle allongée subissent des altérations dégénératives. La destruction ultérieure de la cellule motrice dépend de la possibilité ou de l'impossibilité de la restitution du nerf au point de vue fonctionnel et anatomique. Dans le cas de rétablissement du courant nerveux, les cellules centrales se régénèrent. Von Lenhossek conclut donc que, « pour chaque cellule nerveuse, la connexion (*Verbindung*) normale avec l'organe terminal par l'intermédiaire du prolongement nerveux — que cet organe terminal soit un muscle, un territoire cutané ou muqueux, ou une autre cellule — est une condition d'existence » (p. 122). Dès que la cellule nerveuse, par suite de la séparation de l'organe terminal, n'est plus capable de déployer sa fonction nerveuse, il se passe en elle certaines altérations histologiques, peut-être chimiques, résultant du fait que les processus nerveux normaux étant empêchés, l'absorption et l'assimilation des matières nutritives par cet organisme souffrent gravement. Ce seraient donc des troubles de nutrition qui détermineraient directement la mort des cellules nerveuses séparées de leur prolongement nerveux. Par le fait de cette désorganisation progressive, l'influence trophique de la cellule sur les autres neurones associés diminuerait naturellement aussi. Ainsi la fonction trophique paraît bien enchaînée à la persistance normale des processus nerveux. Ce ne seraient toutefois que les troubles dus à une interruption totale de la continuité du prolongement nerveux qui détermineraient ces graves lésions de la cellule nerveuse. Quant au fait de l'abolition de la fonction nerveuse, il ne les expliquerait pas par lui-même.

Dans les paralysies causées par des lésions du cerveau, on voit souvent les cellules des cornes antérieures persister longtemps en bon état. Dans les paralysies relevant d'une dégénération du faisceau pyramidal, l'état fonctionnel du neurone moteur direct, c'est-à-dire de la cellule motrice de la corne antérieure et de son prolongement nerveux, se manifeste par les contractures qui existent souvent, par l'exagération des réflexes, par la réaction électrique, etc. Les paralysies hystériques peuvent guérir après plusieurs années, ce qui est inconciliable avec l'hypothèse d'une dégénération de la cellule nerveuse suivant, avec une nécessité absolue, l'abolition de la fonction nerveuse de cet organisme. Von Lenhossek déclare donc ici s'écarter en principe de l'hypothèse de Marinesco et de Goldscheider. Toutefois l'accord subsiste pour les cellules des ganglions spinaux, l'hypothèse des excitations périphériques considérées comme nécessaires aux fonctions normales de la cellule étant en harmonie avec les fonctions propres de ces cellules. Quant aux cellules motrices, la cause ne doit être cherchée ni dans l'action réflexe des excitations périphériques (Marinesco), ni dans les excitations venues de l'écorce (Goldscheider). Von Lenhossek croit au contraire que, dans la section périphérique d'un nerf moteur, ce qui accélère la destruction de la cellule d'origine du nerf, c'est que les collatérales réflexes, les fibres de pyramides et d'autres fibrilles continuent, après comme avant, d'assaillir de leurs excitations cette cellule, alors qu'elle n'est plus capable de se décharger de ces excitations.

Le professeur von Lenhossek a donné récemment une description de la structure des *cellules des ganglions spinaux* provenant de la moelle épinière d'un supplicié sain et jeune (1). Il distingue dans ces cellules, dont il énumère plusieurs types, deux éléments : la *substance fondamentale*, faiblement colorable, et, dans celle-ci, des *corpuscules*, d'ordinaire très denses, qui se colorent facilement et donnent au corps cellulaire un aspect granuleux. Lenhossek voudrait qu'on donnât à ces granules chromophiles de Nissl, constitués de fines granulations, le nom de *tigroïde* (de τιγροειδής, *tigré*). Près de la périphérie de la cellule, apparaît une « couronne de granules marginaux » relativement gros, non disposés concentriquement, plus denses à l'intérieur, plus espacés à l'extérieur, et présentant un aspect réticulé. Dans les grosses cellules, le noyau est presque toujours environné d'un espace clair complètement dépourvu de blocs tigroïdes, ce qui représente une différenciation du protoplasma cellulaire. Il existe

(1) *Ueber den Bau der Spinalganglienzellen des Menschen*, von M. v. Lenhossek in Tübingen. Arch. f. Psych. und Nervenkr., XXIX, 345.

également, d'une manière constante, à la périphérie des cellules moyennes et grosses, une zone marginale, d'environ 10 μ de largeur, très développée chez l'homme, claire, dépourvue de blocs tigroïdes. De même encore au cône d'origine du prolongement nerveux. Autour du noyau, enfin, existe une petite zone homogène, claire et dépourvue de granules. Quant au rôle et à la signification des blocs tigroïdes, LENHOSSEK se rattache à l'opinion des auteurs qui ne croient pas que ces substances participent aux fonctions proprement nerveuses des neurones, mais voient en elles des amas de matière nutritive accumulés, emmagasinés dans la cellule (ces blocs diminuent et disparaissent dans les fièvres par exemple). Les granulations tigroïdes existent déjà chez les embryons.

Relativement à la structure de la *substance fondamentale* des cellules des ganglions spinaux, chez l'homme et chez d'autres mammifères, LENHOSSEK longtemps n'a pu se convaincre de l'existence des fibrilles que FLEMMING y a décrites. La substance fondamentale avait, disait-il, une structure alvéolaire. En particulier dans la couche marginale, libre de granules, de fines granulations achromatiques, très denses, se groupaient en un réseau à mailles très étroites. Le *prolongement nerveux* sort d'un cône dépourvu de granules ; en s'éloignant du plasma cellulaire, il présente une *striation fibrillaire* des plus fines. Chez l'homme, von LENHOSSEK n'avait pu réussir à poursuivre cette striation jusqu'au cône d'origine.

Dans un travail récent (1), LENHOSSEK est revenu à la « difficile question » de la structure de la substance fondamentale du protoplasma qui sépare les blocs chromatiques (*Tigroidschollen*) dans les cellules des ganglions spinaux. Il avoue s'être beaucoup rapproché, depuis son dernier travail, datant de plus de deux ans, du point de vue de FLEMMING, c'est-à-dire de la théorie fibrillaire (*Fibrillentheorie*). Déjà il avait reconnu la striation fibrillaire du cylindraxe et du cône d'origine. Toutes ses réserves portaient d'ailleurs bien moins sur cette théorie en général que sur son application à la structure des ganglions spinaux. Des préparations de ganglions spinaux de chiens ayant succombé à une intoxication lente par l'arsenic, que lui montra LUGARO à Florence, achevèrent de persuader LENHOSSEK à cet égard. Grâce à la chromatolyse périphérique du corps de ces cellules, sous l'influence de cette intoxication, on pouvait voir apparaître, avec la plus grande netteté, une structure fibrillaire due à un réseau serré de fibrilles ondulées. Depuis, l'examen de préparations de batraciens et de mammifères lui décela la même structure, c'est-à-dire

---

(1) M. v. LENHOSSEK (Tübingen). *Bemerkungen über den Bau der Spinalganglienzellen.* Neurol. Centralbl., 1898, 577-593.

celle d'« une ordonnance réticulée de la substance fondamentale, présentant parfois plutôt le caractère granuleux, tel qu'il l'avait autrefois décrit, d'autres fois plutôt le caractère fibrillaire d'un réseau. » LENHOSSEK estime que l'état réalisé par la fixation a ici une importance considérable, et que « la démonstration des fibrilles est moins une question de coloration qu'une question de fixation. »

C'est par les études de W. FLEMMING sur les ganglions spinaux (1), que s'ouvre, ainsi que l'a écrit NISSL, l'époque moderne de l'anatomie interne de la cellule nerveuse. Quoique la plupart des auteurs admettent aujourd'hui une *structure fibrillaire* dans le corps de la cellule nerveuse, structure découverte par FLEMMING, dès 1894 FLEMMING témoigne avoir souvent reconnu aussi, d'une façon très nette, l'existence d'une *structure réticulée*, si bien, disait-il alors, qu'on ne devait pas s'en tenir absolument à sa *Filartheorie*, mais qu'on devait, à cette théorie, associer la *théorie réticulaire (Gerüsttheorie)* (2). Dès cette même année (1894) il a reconnu encore que les fibrilles (*Fäden*) *peuvent* représenter des *séries de granules (Körnchenreihen)*. FLEMMING est revenu assez souvent sur la structure fasciculée et réticulée de la cellule (3), structure qu'il considère comme « vivante », naturelle, et nullement comme un produit artificiel, dû à l'emploi des réactifs (4). A l'aspect fibrillaire et réticulaire, on oppose quelquefois

---

(1) W. FLEMMING. *Vom Bau der Spinalganglienzellen*. Beiträge zur Anat. u. Embryol. als Festgabe für J. HENLE. Bonn, 1882. Dès cette époque, FLEMMING a décrit, le premier, dans les cellules des ganglions spinaux des mammifères, l'existence de *granulations (Körner)*, fixant les matières colorantes, ainsi que celle de *fins filaments à trajet irrégulier et flexueux*. Ces deux éléments du protoplasma cellulaire — *granulations* et *filaments* — s'ordonnent diversement dans les diverses cellules et donnent aux neurones un aspect différent, plus foncé ou plus clair. A côté de ces deux éléments figurés, plus ou moins sensibles aux matières colorantes, il existe encore, d'après FLEMMING, une *substance interfilaire*, d'aspect plutôt granuleux que spongieux, mais dont il est impossible d'affirmer si l'apparence est artificielle ou naturelle.

(2) « Dans l'examen de la *théorie fibrillaire*, DELAGE m'attribue à tort, écrit FLEMMING, l'opinion qu'il n'existe pas de structure réticulée dans la substance cellulaire, mais seulement des fibrilles isolées. » Cf. YVES DELAGE. *La structure du protoplasma et les théories de l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale*. Paris, 1895, p. 24.

(3) Dans les *cellules nerveuses centrales*, comme dans celles des *ganglions spinaux*, W. FLEMMING a démontré, avec la coloration à l'hématoxyline, la présence de fibrilles dans la substance achromatique. Si, à l'origine des prolongements protoplasmiques des corps cellulaires, on peut les suivre sur un court trajet, entre les blocs chromatiques, encore que leur marche n'y soit ni parfaitement parallèle ni directe, dans le corps de la cellule les éléments chromatiques sont trop denses pour laisser apercevoir la structure fibrillaire ; là où ces éléments sont moins pressés, on distingue, dans la substance chromatique, non des fibrilles parallèles, mais un *réticulum*.

Si, dans les cellules nerveuses centrales et dans les cellules des ganglions spinaux, dont la structure présente d'ailleurs tant d'analogie, le cône d'origine de l'axone apparaît strié, dans le reste du corps cellulaire les fibrilles forment un *réseau*. *Ueber die Structur centraler Nervenzellen der Wirbelthieren*. Anatomische Hefte, H. 3. 1896.

(4) W. FLEMMING, *Zelle. Morphologie der Zelle. Ergebnisse der Anatomie und Entwicke-*

l'aspect gaufré, aréolaire, alvéolaire ou favéolé (*wabige Bau*) de certaines cellules. Il faut distinguer. Flemming avoue bien aujourd'hui que les filaments (*Fäden*) ne représentent plus pour lui ce qu'il y a d'essentiel dans le concept de cellule. Là où ils existent, ils font certainement partie de la cellule, et c'est le cas pour certaines *cellules animales*, où ces *fibrilles parallèles* caractérisent les cellules glandulaires, les fibres des cellules épithéliales, les fibrilles des fibres musculaires, celles enfin constituant la partie dite « achromatique » de la cellule nerveuse. Cette structure est constante dans ces cellules animales : elle ne manque jamais. Mais, à côté de ces cellules des Métazoaires, les cellules des Protozoaires présentent un caractère différent, non moins constant, celui d'une fine *vacuolisation* (structure spumeuse, écumeuse). Quant aux *cellules végétales,* elles offrent très souvent une structure *alvéolaire* due à des vacuoles remplies de liquide qui s'y montrent en plus ou moins grand nombre. « J'ai, dit Flemming, plus d'une fois exprimé l'opinion, que cette vacuolisation étendue des cellules végétales — aussi bien que celle observée chez les Protozoaires, était, pour ainsi dire, dans ces organites, quelque chose de *sui generis,* qui ne devait pas être confondu avec ce que nous appelons *structures* dans les cellules animales ». En tout cas, et contrairement à ce qu'enseigne Kölliker, suivant lequel le protoplasma vivant n'aurait point de structure spéciale, tout cela existe pendant la vie des organismes; ce ne sont point des produits de désorganisation apparus sous l'influence des réactifs employés pour l'étude du protoplasma.

Quelle est la nature du protoplasma? « Je ne saurais, a dit Flemming, appeler le protoplasma un liquide ». Si, dans une cellule végétale ou dans les prolongements radiés d'un rhizopode, on observe les courants intestins, ou encore les mouvements du plasma dans un leucocyte, on constate que la direction suivie par les granulations que charrient ces courants est tantôt horizontale, tantôt descendante et tantôt ascendante. Or, « quel physicien admettrait sans sourciller qu'un courant liquide peut prendre une direction ascendante »? La substance cellulaire, abstraction faite de quelques cas, n'est certainement point entièrement solide. Reste qu'elle soit molle à différents degrés, voire très molle. Grâce à cette propriété, un déplacement de ses particules est possible, ainsi que l'édification mobile de groupements variés de corpuscules en petites masses ou blocs. Le protoplasma possède donc, il est vrai, des propriétés communes avec les liquides. Toutefois, si l'on croit pouvoir l'appeler fluide, ce n'est

---

lungsgeschichte... herausg. v. Fr. Merkel u. R. Bonnet. Wiesb., 1896, 233 sq. — *Ueber den Bau der Spinalganglienzellen und Bemerkungen über den der zentralen Zellen*. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 46, 1895, 379-394.

qu' « une comparaison, qui, dans l'espèce, est aussi peu justifiée que le sont la plupart des comparaisons ». WALDEYER, on le sait, veut qu'on maintienne le mot protoplasma ; il estime qu'on doit continuer de dire : « le corps cellulaire est constitué essentiellement de protoplasma ». A quoi FLEMMING objecte : « Je ne comprendrai jamais pourquoi il nous faut distinguer, sous le nom de protoplasma, comme une substance simple, une substance qui contient deux, ou, très vraisemblablement, un plus grand nombre encore de constituants chimiques ». Il approuve von BEMBEKE d'avoir au moins dénommé le corps cellulaire *cytoplasma* et le noyau *karyoplasma*.

FLEMMING résume ainsi ce qu'il pense actuellement (1896) de la structure de la cellule :

1° « La masse de la substance appelée « substance cellulaire », « corps cellulaire » ou « protoplasma », a pour fondement une substance paraissant être de nature homogène (ce que j'ai appelé jusqu'ici *masse interfilaire*, et ce que WALDEYER appelle *cystolinine* [l'*hyaloplasma* de LEYDIG et de STRASBURGER]) ;

2° « Cette substance, dans beaucoup de cellules, en particulier dans les cellules des *protozoaires* et dans celles des *végétaux*, contient un nombre plus ou moins grand de *vacuoles*, plus ou moins uniformément ou régulièrement distribuées, — structure alvéolaire ou aréolaire de BÜTSCHLI, — mais on ne peut soutenir qu'il en soit ainsi pour toutes les cellules. Pour combien de cellules animales, et pour quelles cellules animales, en est-il ainsi, c'est ce qui me paraît devoir être l'objet de nouvelles études ;

3° « Dans cette substance, il existe, en outre, dans beaucoup d'espèces de cellules, en particulier dans les *cellules animales*, des formations ou structures filiformes, dont l'arrangement peut être très différent (*Filarmasse*). En beaucoup de cas, ce sont sans nul doute des filaments continus (par exemple, les filaments des cellules épithéliales, les fibrilles musculaires, etc.), dans d'autres, c'est une question de savoir et il reste à décider si ces filaments ne sont point constitués par des séries de grains (microsomes) ;

4° « Il existe enfin, dans cette substance, des *granulations*, en grand nombre, et certainement très hétérogènes, préformés durant la vie. On les peut rencontrer, semble-t-il, aussi bien dans la substance fondamentale que dans les filaments. Mais *tout* ce qui apparaît comme grains (*Körner*) sur les préparations traitées par des réactifs, je ne saurais le considérer comme ayant existé pendant la vie, comme préformé ; beaucoup parmi ces formations, j'inclinerais à le supposer, sont des produits artificiels de la cellule morte... »

« Cet exposé de ma doctrine actuelle, ajoute FLEMMING, ne se distingue pas essentiellement de celui que j'ai fait connaître en 1894 (*Ergebnisse*, 1894). »

Ainsi toutes ces parties de la cellule, ou presque toutes, sont *vivantes*. Il y a des cellules qui ne sont formées que d'une substance fondamentale et de vacuoles ; elles ne présentent pas de formations fibrillaires : c'est donc cette masse fondamentale qui vit. Mais là où, comme dans les cellules animales, il existe des structures fibrillaires, il n'y a pas la moindre raison de les considérer comme des parties non vivantes de la cellule. Il en est de même pour les granulations.

A l'exception de von LENHOSSEK (avant qu'il eût vu les préparations de LUGARO) et de H. HELD, la plupart des histologistes ont, nous l'avons rappelé, constaté l'existence d'une structure fibrillaire de la cellule nerveuse. REINKE, LÉVI ont, dans ces derniers temps, comme NISSL, LUGARO, DEHLER, reconnu cette structure, telle que l'a décrite FLEMMING le premier. Ce n'est que dans les petites cellules que les fibrilles sont indiscernables, ainsi que l'a constaté FLEMMING lui-même : mais ce n'est point parce qu'elles n'y existeraient pas (1). LUGARO a vu, comme DEHLER, dans les cellules nerveuses, en dehors des blocs chromatiques, une fine structure fibrillaire, qui paraît à FLEMMING « tout à fait identique avec celle qu'il a décrite ». C'est « la masse filaire » de FLEMMING : elle présente une structure fibrillaire dans les prolongements protoplasmiques et réticulée dans le corps cellulaire (2). En colorant par l'hématoxyline la substance achromatique de certaines cellules en état de chromatolyse, il a constaté l'existence d'une structure nettement fibrillaire. BECKER est parvenu à colorer d'une façon spéciale la partie du corps cellulaire qui demeure incolore avec la méthode de NISSL : la partie achromatique du protoplasma cellulaire est, dit-il, la continuation directe, dans le corps de la cellule, des fibrilles du prolongement cylindraxile et des prolongements protoplasmiques. NISSL, rallié à cette manière de voir, attribue maintenant, depuis les communications de BECKER, aux cellules nerveuses centrales, une structure fibrillaire; il en conclut que « la substance achromatophile » (*ungefärbte Substanz*) doit, dans toutes les cellules nerveuses, être constituée de fibrilles. Entre parenthèse, FLEM-

(1) MANN a décrit, dans les *cellules du sympathique*, des faisceaux de fibrilles qui traversent toute la cellule. FLEMMING, sans révoquer en doute l'existence de cette structure fibrillaire, manque encore d'observations qui lui permettent de la confirmer. — Cf. GUST. MANN. *Die fibrilläre Struktur der Nervenzelle*. Anat. Anz. Erg.-Heft, 1898, 39.

(2) LUGARO. *Sul valore rispettivo della parte cromotica e della acromatica nel citoplasma delle cellule nervose*. Riv. di patol. nerv. e ment., I, 1896, 12.

MING proteste avec raison contre cette expression d'*ungefärbte Substanz*, qui n'a de sens qu'au regard des préparations obtenues avec la méthode de NISSL, au bleu de méthylène, ou d'autres méthodes analogues ; avec la coloration de FLEMMING (sublimé et hématéine), par exemple, les fibrilles sont colorées. DOGIEL a constaté aussi une structure fibrillaire dans les cellules des ganglions spinaux des mammifères, et aussi dans les cellules nerveuses de la rétine (mais il décrit cette structure un peu autrement que FLEMMING et les auteurs ne l'ont fait); il confirme ce que FLEMMING a dit de la structure fibrillaire et de la disposition en deux systèmes du cône d'origine de l'axone. Selon la description de DOGIEL, les fibrilles du cône d'origine du prolongement cylindraxile peuvent être poursuivies à travers tout le corps cellulaire et l'ordonnance des fibrilles n'y est point flexueuse et ondulée, mais rectiligne ou plutôt disposée en courbes symétriques. En outre, le cône d'origine renfermerait des granulations chromophiles comme le reste du cytoplasma. FLEMMING n'a jamais rien vu de pareil, surtout des blocs chromatiques dans le cône d'origine si ce n'est très rarement, et sous la forme de minimes granulations. D'après HELD, le cône d'origine de l'axone est également libre de granulations chromatophiles fixant les couleurs basiques d'aniline. De même, pour RAMON Y CAJAL, le cône polaire est dépourvu de grains chromatiques (1896).

« Un fait dont on peut se convaincre avec la plus grande facilité, a écrit VAN GEHUCHTEN, en employant la double coloration à l'érythrosine et au bleu de méthylène, c'est que le cône d'origine du prolongement unique des cellules nerveuses des ganglions spinaux est complètement dépourvu de granulations chromatophiles. Nos observations nous obligent donc à nous ranger du côté de BENDA, NISSL, von LENHOSSEK, FLEMMING, LUGARO et MARINESCO et à combattre l'opinion de DOGIEL. »

La structure nettement fibrillaire du cône de l'axone a été vue, pour la première fois, dit FLEMMING, par REINKE, vers la fin de l'année 1894, sur des pièces fixées par le liquide de HERMANN. Cet épanouissement fibrillaire de l'axone dans le corps de la cellule nerveuse n'existe que dans la partie périphérique du cône ; sa partie centrale présente « une structure fibrillaire plus confuse, mais nullement granuleuse ou spumeuse ». Cette même structure fibrillaire est celle du prolongement cylindraxile.

Au contraire, en dehors du cône d'origine du cylindraxe, von LENHOSSEK n'avait rien pu constater ni de la structure fibrillaire du corps de la cellule, découverte par FLEMMING, ni des prolongements filiformes de *granula* décrits par NISSL. Les *Tigroidschollen*, les *Körnerschollen*, c'est-à-dire les *corpuscules de* NISSL ou blocs chromatiques, sont formés principalement, outre de fines granulations sphériques, microsomes fortement chromatophiles, d'une substance qui reste plus pâle à la coloration,

agglomérant comme masse fondamentale les granulations tigroïdes, et dont seraient formées de fines stries rectilignes dans les dendrites, donnant ainsi à ces prolongements de la cellule un aspect fibrillaire. Voilà ce qui résulte de ses recherches sur les cellules nerveuses centrales (cellules des cornes antérieures de la grenouille, cellules de Purkinje du chien et du cobaye) (1).

Von Lenhossek s'est élevé contre l'opinion de Held, que les éléments chromatophiles ne sont que des produits de décomposition d'une substance fluide du corps de la cellule nerveuse : il oppose à cette manière de voir la régularité de la disposition des blocs chromatiques et l'homogénéité de leur forme, laquelle demeure la même sous l'influence de réactifs différents. « Je suis, sur ce point, tout à fait de la même opinion que von Lenhossek », écrit Flemming. D'ailleurs Flemming, von Lenhossek et Held s'accordent sur la nature finement granuleuse des blocs chromatiques. Le seul point où Flemming et von Lenhossek n'étaient point unanimes est celui-ci : von Lenhossek n'avait pu découvrir de structures fibrillaires dans les cellules nerveuses ; là où il les avait vues, sur certaines parties de la cellule, il ne les reconnaissait point comme des représentations spéciales et véritables de la cellule. « Évidemment, écrit Flemming, von Lenhossek n'a pas encore aujourd'hui sous les yeux de préparations propres à lui montrer ces structures fibrillaires, comme j'en possède, moi, en grand nombre. » Lenhossek les a vues, et aujourd'hui il n'existe plus, entre lui et Flemming, aucune diversité d'opinion à ce sujet.

Held a étudié les blocs chromatiques du corps cellulaire, décrits par Flemming, Benda et surtout par Nissl, sur des coupes extrêmement fines ; il a constaté la *structure granuleuse* de ces parties. Il distingue ces éléments, qu'il voudrait qu'on appelât « corps ou corpuscules de Nissl » (*Nissl-Kröper*), de ceux qui, avec la méthode de Nissl, restent achromatiques. Held a pu exactement distinguer ces deux sortes d'éléments au moyen d'un procédé de double coloration : l'érythrosine qui colore intensément la substance achromatique de Nissl et le bleu de méthylène (2). Les granules ne sont pas contigus ; ils sont comme dans un coagulum qui, avec cette méthode, se colore en violet. Held signale un troisième élément des « corpuscules de Nissl » : les *vacuoles*, de forme ronde, dentelée, fusiforme, leur aspect et leur nombre variant avec le liquide de fixation et avec le degré de sa concentration. Dans les cellules nerveuses provenant

---

(1) Von Lenhossek. *Der feinere Bau des Nervensystems*. Berlin, 1895, 155 et 156. — *Ueber Nervenzellenstrukturen*. Verhandl. d. anat. Gesellsch. Berlin. Apr. 1896, p. 15.

(2) Hans Held. *Beiträge zur Structur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze*. Arch. f. Anat. u. Phys. 1895. Anat. Abth. Suppl., 1897, 350 ; 273.

d'un animal qui vient d'être sacrifié, on ne découvre pas, dit Held, de « corpuscules de Nissl » dans le protoplasma : celui-ci, homogène, est presque absolument dépourvu de blocs chromatiques, ce n'est que progressivement qu'apparaissent, dans le protoplasma, des points clairs, que circonscrivent bientôt des contours d'un blanc mat, en même temps que des granulations sombres, toujours de plus en plus nombreuses, s'intercalent entre eux et viennent en contact avec ces contours. Le *noyau* n'a encore subi alors aucune modification sous l'influence de l'afflux de l'eau, les formes arrondies se gonflent, éclatent et se fusionnent ensemble (formation de vacuoles). En même temps le noyau prend un aspect granuleux, et des masses sombres, que colore le bleu de méthylène, se montrent entre les vacuoles. Si l'on soumet des cellules fraiches, libres de vacuoles, à une solution de bleu de méthylène de 1/10 pour 100, dans une solution physiologique de chlorure de sodium, la vacuolisation est des plus faibles, et l'on distingue nettement la coloration du *nucléole* et de certaines parties du protoplasma cellulaire et de ses prolongements. Held attribue cette coloration au bleu de méthylène des *cellules fraîches* à une action à la fois fixatrice et colorante de cette substance. Si l'on soumet une cellule, déjà vacuolisée par l'addition de l'eau, aux liquides ordinaires de fixation (alcool à 96 pour 100, sublimé, etc.), les vacuoles se gonflent d'abord, pour se ratatiner bientôt après, tandis qu'en même temps se forment des masses sombres dans leur voisinage. Held soutient donc que les « corpuscules de Nissl » des cellules nerveuses représentent des matières dissoutes par le procédé de fixation : si l'on examine le protoplasma à l'état frais, on n'en trouve pas ; ce ne sont point des organes cellulaires préformés.

Held admet que ces corpuscules représentent comme le matériel d'exploitation nécessaire à la fonction de la cellule nerveuse ; il rappelle qu'ils forment surtout des amas considérables dans les cellules d'origine des nerfs moteurs et du grand appareil réflexe du système nerveux central de la moelle épinière et du tronc céphalique. Fixée dans l'alcool à 96 pour 100, la masse ou substance fondamentale du protoplasma donne l'impression d'une structure réticulée. Avec de très forts grossissements, on distingue des granulations, extrêmement fines, réparties irrégulièrement. Au *cône d'origine du cylindraxe* ces granulations colorées en rouge par l'érythrosine, semblent devenir plus denses, plus serrées, et s'ordonner en séries. « Le *cylindraxe* lui-même apparaît *longitudinalement strié*. » Il ressort encore des observations de Held que le cône d'origine de l'axone se continue insensiblement avec la substance dite achromatique du protoplasma cellulaire. Quant à la *structure fibrillaire* de la cellule nerveuse elle-même, telle que M. Schultze et H. Schultze

l'ont décrite, elle résulte d'une *illusion* due à de longues séries longitudinales d'éléments dont la structure rappelle celle des rayons de miel. Contre Bütschli, Held rapporte cette structure à l'emploi de moyens de fixation déterminant une forte vacuolisation. Bref, la masse fondamentale du protoplasma présente manifestement les apparences d'une structure réticulée. On y distingue des granulations excessivement fines, laissant entre elles des lacunes plus ou moins grandes; nulle part on n'y distingue de véritables fibrilles. Au niveau du cône d'origine de l'axone, les granulations se juxtaposent en séries linéaires, se rapprochent les unes des autres pour se transformer en fibrilles. Cette structure fibrillaire est nettement visible dans les prolongements protoplasmiques et cylindraxiles.

Rappelons d'abord que, au moyen de la double coloration à l'érythrosine et au bleu de méthylène, Held, d'accord en ceci avec Flemming, Nissl, de Quervain (1), von Lenhossek, Becker (2), a confirmé un fait d'où pourrait sortir, s'il est exact, des conséquences fort importantes pour la physiologie du neurone : les blocs chromatiques sont constitués de fines granulations. Selon Flemming, si Held n'a pu jusqu'ici découvrir dans la substance interposée aux éléments chromatiques une structure fibrillaire, cela tient sans doute à la technique employée par ce savant : « les réactifs qui déterminent des vacuolisations doivent être naturellement tout d'abord écartés ». Sur des pièces tout à fait fraiches, Held a trouvé que, si la préparation est suffisamment rapide, le corps cellulaire apparait homogène, ou presque libre de blocs chromatiques; on ne voit pas les corpuscules de Nissl; ils n'apparaissent que plus tard. Flemming avoue n'avoir pas encore examiné de cellules nerveuses centrales de mammifères à l'état frais; sur des coupes tout à fait fraiches de ganglions spinaux, il a vu pourtant des blocs chromatiques. Mais, il se passe toujours quelque temps pour la préparation d'un ganglion, pour qu'on puisse en pratiquer des coupes, etc. Bref, le savant professeur de Kiel admet comme fort possible que, sur une pièce tout à fait fraiche, rien n'apparaisse, ou très

---

(1) De Quervain, le premier, a considéré les blocs chromatiques comme des agglomérations de granulations plus ou moins fines (*Ueber die Veränderungen des Centralnervensystems bei experiment. Cachexia thyreopriva der Thiere*. Virch. Arch., 1893, 527 t. 133). Les éléments chromatiques, sous forme de blocs irréguliers ou de bâtonnets plus ou moins allongés, avaient d'abord été considérés comme des masses homogènes. Nissl a signalé, au centre des éléments chromatophiles, l'existence de petites places incolores, taillées comme à l'emporte-pièce au sein de la masse colorée, qu'il considère comme des vacuoles (*Körperchenvacuolen*.) Ramon y Cajal a signalé aussi l'existence de taches claires dans l'épaisseur des blocs chromatiques; mais ce ne sont pas pour lui des vacuoles.

(2) Becker croit les blocs chromatiques formés de granulations nombreuses incorporées dans une substance intermédiaire plus fine. Cf. Arch. f. Psych., XXVII, 1895, 953.

peu de chose, des corpuscules de NISSL, et que ceux qu'il a distingués n'aient été en effet visibles qu'à titre de phénomènes postérieurs à la mort : « Car c'est un fait absolument certain, et sur lequel mes observations ont appelé l'attention (1), qu'il y a beaucoup de choses, dans les cellules, qui, pendant la vie, sont très vagues (pâles) ou tout à fait invisibles ; ainsi, je ne doute pas que l'observation de HELD ne soit juste. Mais cela n'autorise nullement, selon moi, à tenir les éléments chromatiques pour de simples formations agglomérées dans la cellule à titre de phénomènes postmortels, cadavériques, comme le voudrait HELD ; j'ai déjà insisté sur ce point à propos de LENHOSSEK » (2).

Le *noyau* des cellules des ganglions spinaux a surtout frappé von LENHOSSEK par la *grosseur considérable de son nucléole,* toujours *unique* chez l'homme. Le noyau a, en moyenne, de 16 à 20 μ ; le diamètre du *nucléole* atteint d'ordinaire un tiers de celui du noyau : il possède le plus souvent 6 μ. Comparés aux autres noyaux, ceux des cellules des ganglions spinaux sont d'une structure plus développée. La membrane nucléaire est très nette. *La grosseur de ces cellules,* dont le diamètre varie de 25 à 120 μ en longueur, *est en rapport avec l'importance fonctionnelle des parties du corps auxquelles appartiennent les nerfs périphériques de sensibilité correspondants.* Elles n'ont point de membrane spéciale. Chaque cellule possède une capsule de tissu connectif à l'intérieur de laquelle existe un épithélium ; la capsule se continue dans la gaine de HENLE du prolongement. Les cellules des ganglions spinaux sont, chez l'homme, en majorité *unipolaires* ; leur *prolongement* à structure fibrillaire se divise en une *branche périphérique* et en une *branche centrale.* Les cellules des ganglions spinaux de l'homme sont fortement pigmentés. Ces accumulations de pigment dont les granulations sont rondes ou allongées, LENHOSSEK les signale particulièrement à proximité du cône d'origine du prolongement nerveux. Le pigment ferait défaut dans toutes les petites cellules.

II. **Physiologie du neurone.** — Il est certain qu'aucune cellule nerveuse ne manifeste spontanément son activité, c'est-à-dire sans excitations externes. Les fonctions de l'élément nerveux doivent toujours être considérées comme de simples réactions à des actions extérieures. Et par l'extérieur (*das Aussen*), il faut entendre, pour le neurone, tout ce qui est en dehors de son protoplasma et de ses prolongements, son entourage

(1) FLEMMING. *Unsichtbarkeit lebendiger Kernstrukturen.* Anat. Anzeiger, 1892, nos 23 et 24.
(2) *Ergebnisse der Anat. u. Entwickelungsgesch.* (MERKEL u. BONNET), 1896, 278.

immédiat, les cellules voisines, le plasma qui le baigne : voilà pour le neurone le monde extérieur. Toute cellule nerveuse qui ne possède qu'un prolongement nerveux (*monaxone*) propage toujours l'excitation dans le sens cellulifuge. Dans le *nerf moteur* périphérique issu du système nerveux central, le courant d'excitation va du protoplasma de la cellule nerveuse des cornes antérieures au protoplasma de la cellule musculaire; l'*axone* est bien ici un *organe de transmission*, comme son arborisation terminale est un *organe d'émission*, présentant un cas très net de la loi de la multiplication des effets, car l'expansion des fibrilles nues sur le muscle augmente les points de contact des fibrilles du nerf moteur avec les fibres musculaires. De même dans la transmission du courant nerveux du *nerf optique*, par exemple : l'excitation d'une seule cellule ganglionnaire de la rétine retentit sur plusieurs cellules centrales des tubercules quadrijumeaux antérieurs ou du lobe optique. Relativement à la *cellule olfactive*, von Lenhossek insiste sur ce fait, dont l'organisation des vertébrés n'offre pas d'autre exemple, que des excitations externes agissent ici directement sur le protoplasma d'une vraie cellule nerveuse, pourvue d'un prolongement nerveux fort long, qu'elle envoie dans le bulbe olfactif : il s'arborise dans les *glomeruli olfactorii*. Mais, au lieu d'influencer plusieurs cellules à la fois comme le font les fibres optiques, il s'entrelace simplement avec les dendrites descendants d'une seule cellule mitrale; souvent même plusieurs fibres olfactives ne sont en rapport qu'avec une seule cellule mitrale. Quoi qu'il en soit, l'onde nerveuse, apportée par l'arborisation terminale de la fibre olfactive, se transmet aux dendrites des cellules mitrales, et, par l'intermédiaire du corps cellulaire et des prolongements nerveux de ces magnifiques neurones, elle est finalement projetée sur différents territoires de l'écorce cérébrale, toujours dans une direction cellulifuge.

Les exceptions apparentes confirment la règle, au moins chez les vertébrés. Ainsi dans la rétine des oiseaux et des mammifères, Cajal a démontré l'existence de libres arborisations terminales provenant de fibres nerveuses venues à la rétine par le canal des nerfs optiques, donc, dans une direction opposée à celle des fibres de ce faisceau. Avant Cajal, von Monakow avait déjà pu conclure de ses recherches de pathologie expérimentale à l'existence de ces fibres, dont les cellules d'origine ne pouvaient être que dans les tubercules quadrijumeaux. Cajal et van Gehuchten ont en effet trouvé ces éléments : ils occupent la couche moyenne de ces ganglions ; ce sont de petites cellules fusiformes d'où sortent de longs dendrites, et dont proviennent, souvent à une distance considérable de la cellule, les prolongements nerveux qui passent dans le faisceau des fibres optiques, suivant une direction opposée à celle de

ces fibres; les arborisations terminales observées par Cajal sont bien celles de ces prolongements des cellules des tubercules quadrijumeaux; ces fibres doivent apporter des courants centrifuges à la rétine. Quant à la nature de ces courants, ou à la nature des fonctions de ces cellules, selon van Gehuchten elles transmettraient à la rétine des manières de signaux touchant le caractère et l'intensité des excitations arrivées au cerveau par le nerf optique. Ramon y Cajal conjecture que ces fibres agissent sur les cellules de la couche ganglionnaire de la rétine, non pas directement, mais par l'intermédiaire des prolongements protoplasmiques des spongioblastes, si abondants dans la couche moléculaire interne de la rétine: « On peut conjecturer, dit Ramon y Cajal, les spongioblastes étant les seuls éléments de la rétine qui reçoivent les arborisations terminales des fibres centrifuges, qu'ils servent à transporter aux cellules ganglionnaires quelque excitation émanée des centres, impulsion qui serait peut-être nécessaire pour le jeu fonctionnel de la connexion des cellules bipolaires. » Nahmmacher, se référant à d'anciennes expériences d'Engelmann, a établi expérimentalement que dans le nerf optique passent des fibres dont l'excitation détermine la contraction des cônes correspondants de la rétine. Enfin, on pourrait aussi songer, ajoute von Lenhossek, pour l'interprétation des fonctions de ces fibres centrifuges, à quelque influence sur la couche du pigment ou sur la nutrition de la rétine. On ignore évidemment les fonctions de ces neurones; mais la direction du courant nerveux de ces prolongements axiles, quoique en sens contraire de celle des fibres optiques, n'en est pas moins également cellulifuge, toujours par rapport aux cellules d'origine. Il en est partout ainsi pour les *monaxones*. En est-il de même pour les *diaxones*?

Dans les cellules des ganglions spinaux, les deux prolongements ont absolument le même caractère de prolongement nerveux, de cylindraxes vrais; ils sont entourés de myéline et s'arborisent également à leur extrémité. Pourtant le prolongement central conduit seul le courant nerveux dans le sens cellulifuge, de la cellule du ganglion dans la moelle épinière; le prolongement périphérique conduit dans la direction cellulipète l'onde nerveuse au ganglion, c'est-à-dire les impressions tactiles, etc., des surfaces cutanées et muqueuses du corps, des parenchymes des organes, des muscles, des articulations, etc. Ce prolongement périphérique nerveux ne résulte-t-il pas de la transformation d'un prolongement protoplasmique? La comparaison de ce qui existe chez les Invertébrés et chez les Vertébrés, sinon l'ontogénie, permet d'incliner dans ce sens. Les nerfs sensitifs auraient été à l'origine de longs processus protoplasmiques, allant de la périphérie à leur cellule nerveuse d'origine; peu à peu ils se seraient transformés en fibres nerveuses, tandis que le

prolongement central aurait toujours été un *axone*. Ainsi le principe de la conduction nerveuse cellulifuge serait encore vrai, même chez les *diaxones* apparents.

Cependant, valable pour les Vertébrés, il ne le serait pas pour les Invertébrés. Si l'hypothèse s'était vérifiée que, chez les Invertébrés, tous les nerfs sensibles sont formés par les prolongements des cellules des sens (*Sinneszellen*), situées dans le revêtement extérieur du corps, on aurait été autorisé à admettre que toutes les cellules centrales de ces animaux étaient de nature motrice. On aurait ainsi pu soutenir que les prolongements des cellules centrales (*Stammfortsätze*) correspondant aux prolongements nerveux, conduisaient l'excitation dans le sens cellulifuge. Mais on a découvert de libres arborisations terminales de nerf de sensibilité dans l'épithélium externe, non seulement chez les crustacés (Retzius), mais chez les vers (Smirnow), à côté des cellules sensibles de l'épiderme ; il a donc été nécessaire d'admettre, dans les organes du système nerveux central des Invertébrés, des cellules de sensibilité, cellules d'origine des fibres qui se ramifient dans la peau. Il en est ainsi chez l'amphioxus (Retzius). Les ganglions spinaux font défaut; les cellules sensitives siègent toutes dans la moelle. Il n'y aurait aucun doute ici : le prolongement nerveux reçoit l'onde d'excitation par ses arborisations et le transmet à la cellule dans la direction *cellulipète*. Retzius a confirmé la découverte de Smirnow : à côté des cellules d'origine, qui envoient vers les ganglions centraux leur long prolongement cylindraxile, il existe bien, dans la cuticule des vers, de libres terminaisons nerveuses dont les cellules d'origine n'ont pas encore été trouvées. A la place d'une seule catégorie d'éléments nerveux (*cellules de* Lenhossek), il en existe donc deux dans l'épithélium de ces Invertébrés. Retzius incline à admettre, par analogie avec ce qu'on observe chez les animaux supérieurs, que les libres terminaisons nerveuses de Smirnow sont de nature *sensitive*. Les cellules de Lenhossek pourraient appartenir à des organes des sens spéciaux et seraient *sensorielles*, quoiqu'on les trouve disséminées partout dans la cuticule externe (1).

Il nous faut dire quelques mots, à propos du rôle fonctionnel des *collatérales*, d'une hypothèse de von Lenhossek touchant les fonctions des *fibrilles latérales* des prolongements nerveux ou cylindraxiles. La fibre sensitive qui, d'une cellule d'un ganglion spinal pénètre dans la moelle épinière, y émet, outre des fibres à direction ascendante et descendante passant

---

(1) G. Retzius. *Die* Smirnow' *schen freien Nervenendigungen im Epithel des Regenwurms.* Anat. Anzeiger, X, 1895, p. 117.

dans les cordons postérieurs, un grand nombre de fins ramuscules ou branches collatérales de même nature que le tronc dont elles sortent et qui se terminent par de libres arborisations dans la substance grise. Ce sont des appareils d'émission des stimuli sensitifs de la périphérie aux éléments nerveux de la moelle épinière. Grâce à ces collatérales, chaque cellule d'un ganglion spinal peut déployer son activité sur un domaine vraiment immense, car son prolongement axile n'agit pas seulement par sa terminaison ; il n'influence pas seulement les cellules avec lesquelles il sera en contact par son arborisation ultime : il agit encore sur toutes les provinces de la substance grise médullaire devant lesquelles il passe, durant son long parcours des racines postérieures aux noyaux des cordons postérieurs. Le prolongement nerveux des cellules mitrales présente des dispositions analogues. CALLEJA, qui est parvenu à suivre ce prolongement en tant qu'il prend part à la formation de la racine externe du nerf olfactif, a montré que les fibres de ce nerf se terminent, au moins en grande partie, dans la couche moléculaire ou superficielle de l'écorce (1). Or, pendant leur trajet, ces fibres émettent nombre de collatérales qui pénètrent dans la couche moléculaire et qui s'y arborisent tout à fait de la même manière que leurs nerfs d'origine ; il est donc de toute évidence que ces ramuscules ont la même fonction que la tige dont ils proviennent. De même que les prolongements nerveux des cellules mitrales, les fibres sensitives distribuent leurs stimuli aux cellules pyramidales dont les dendrites s'étendent dans les régions supérieures de l'écorce, elles entrent en contact avec ces ramures par les arborisations terminales de leur tige axile, et transmettent ainsi leurs courants nerveux cellulifuges.

Quant aux *fibrilles latérales du prolongement nerveux*, c'est-à-dire des ramuscules qu'émet ce prolongement au sortir de la cellule d'origine, avant qu'il se soit encore entouré de myéline, von LENHOSSEK estime que, quoique ces fibrilles latérales soient morphologiquement analogues aux collatérales, elles doivent posséder d'autres fonctions, en beaucoup de cas au moins (p. 151) : ce seraient, non des appareils d'émission, comme les collatérales, mais des appareils de réception des stimuli (*Aufnahmeapparate von Reize*), et qui, principalement dans les phénomènes réflexes, joueraient un rôle important. Les fibrilles latérales des fibres motrices seraient donc de nature réceptrice (cellules de PURKINJE, cellules pyramidales de l'écorce cérébrale). Elles appartiendraient, avec les dendrites, à une même catégorie de prolongements à conduction cellulipète. Tel serait leur rôle physiologique. Ces *axodendrites* se pourraient comparer aux

(1) C. CALLEJA, *La region olfatoria del cerebro*. Madrid, 1893.

collatérales des cellules motrices unipolaires des Invertébrés, lesquelles sont de vrais *paraxones*.

Mais, en dehors de ces fibrilles latérales des prolongements nerveux axiles, les principaux organes de réception des excitations nerveuses apportées dans les centres sont les surfaces des corps cellulaires et de leurs dendrites. Dans l'hypothèse de Golgi, qui expliquait les rapports physiologiques des fibres de sensibilité et de mouvement par les anastomoses reliant, dans son réseau nerveux diffus de l'écorce, les fibrilles émanées des prolongements nerveux moteurs avec celles des prolongements nerveux sensitifs ou sensoriels, les dendrites n'intervenaient pas comme éléments de l'arc réflexe : l'éminent histologiste leur refusait donc toute participation aux processus de conduction nerveuse, et il fut suivi par Martinotti, Sala et un grand nombre de disciples. Cajal, van Gehuchten, Retzius, von Lenhossek, et beaucoup d'autres encore, s'élevèrent avec force contre cette doctrine. Kölliker lui-même a décidément admis, dans la dernière édition de son Traité, que les dendrites font partie des organes à fonction nerveuse. Von Lenhossek écrit : « Si les dendrites sont constitués par la même substance que le corps cellulaire de la cellule nerveuse, il n'y a pas de raison pour leur attribuer, au point de vue physiologique, d'autres propriétés que celles du protoplasma cellulaire (p. 136). » Comme celui-ci, les dendrites doivent pouvoir recevoir les effets et subir l'action des stimuli nerveux, et, comme cette action s'exerce à la surface de la cellule et de ses prolongements protoplasmiques, force est d'attribuer aux dendrites, en raison de l'énorme extension en surface de leurs ramifications, une importance très élevée dans « la réceptivité des excitations nerveuses ».

Les couches superficielles de l'écorce du cerveau et du cervelet, loin d'être, comme l'a pensé Golgi, privées complètement d'éléments nerveux, sont au contraire le siège d'amas considérables de cellules nerveuses et d'arborisations terminales de fibres nerveuses. Elles contiennent non seulement les dernières ramifications cylindraxiles des axones ascendants, celles des cellules de Martinotti (1890), celles qui proviennent d'autres territoires de l'écorce, les bouquets terminaux des cellules pyramidales, mais les cellules nerveuses de Cajal avec leurs arborisations et leurs prolongements nerveux souvent multiples, etc. De même, dans l'écorce du cervelet, la couche moléculaire est jusqu'à sa surface traversée par des fibres parallèles découvertes par Cajal, c'est-à-dire par les prolongements nerveux des grains, où montent les ramures protoplasmiques des cellules de Purkinje, dont les dendrites sont en contact avec les prolongements nerveux de tant d'autres éléments. C'est dans ces régions de l'écorce où, suivant Golgi, se trouvaient surtout des vaisseaux

sanguins et des éléments de la névroglie, mais pas d'éléments nerveux, que s'élevaient les ramifications protoplasmiques des cellules nerveuses pour y quêter les matériaux de la nutrition de leur corps cellulaire.

L'hypothèse de Rabl-Rückhard sur l'amiboïsme des cellules nerveuses du cerveau, pour l'explication mécanique des processus psychiques, ne repose point sur des observations directes. Opposé aux idées, alors nouvelles, de Golgi et de Nansen, sur les fonctions trophiques des expansions protoplasmiques, Rabl-Rückhard admettait encore que ces prolongements donnaient naissance, par l'intermédiaire de nombreux ramuscules, à un réticulum de fibrilles nerveuses (*neurospongium*) : ce réseau nerveux devait jouer un rôle extrêmement important dans tous les processus de l'activité nerveuse supérieure, c'est-à-dire « psychiques » ; là étaient et le siège et les voies de ces échanges entre les processus moléculaires qui sont comme le côté objectif des processus psychiques qui s'y élaborent. On devait admettre, par exemple, que les cellules pyramidales de l'écorce sont le substratum d'un certain nombre de représentations (*Vorstellungen*) et de souvenirs (*Erinnerungsbilder*) déterminés dont la somme constitue « la mémoire ». Il me semble, écrivait Rabl-Rückhard, que l'on comprend mieux comment ont lieu les rapports réciproques entre les cellules nerveuses si l'on admet que le fin réseau nerveux constituant le neurospongium est animé, pendant l'activité fonctionnelle du cerveau, d'un mouvement intense; bref, si l'on imagine que « les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses, constituant ce réseau, sont soumis au jeu des changements amiboïdes (1) ». Ainsi, durant le travail de la pensée, les fins ramuscules de ces prolongements resteraient étendus, comme des branches, et, pour un temps plus ou moins long, demeureraient rapprochés, pour s'écarter et se séparer de nouveau et s'orienter dans d'autres directions. On pourrait se représenter ainsi le mécanisme des processus de l'intelligence. La rupture ou l'écart de deux ramuscules de ce réseau correspondrait à ce qu'on appelle « perdre le fil de ses pensées »; une association d'idées résulterait, au contraire, de la liaison de plusieurs cellules nerveuses par le canal des prolongements protoplasmiques de ces neurones, animés de vifs mouvements amiboïdes; le ralentissement de l'activité psychique serait dû à une diminution correspondante dans les mouvements de ces expansions. Déjà Rabl-Rückhard étend cette interprétation tout hypothétique à nombre de processus psychiques normaux et pathologiques, tels que le *sommeil* et les *rêves*, l'*hypnotisme*, etc.; ces

(1) Rabl-Rückard. *Sind die Ganglienzellen amöboid ? Eine Hypothese zur Mechanik psyhischer Vorgange*. Neurol. Centralbl., p. 199 sq., 1890.

phénomènes ne sont peut-être que des paralysies partielles des mouvements des prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses. A la vérité, de pareils mouvements, on ne sait rien jusqu'ici, concluait RABL-RÜCKHARD ; ils sont possibles, voilà tout.

L'année suivante (1891), dans une recension d'un travail de WALDEYER, HILL formulait cette hypothèse : « Il est possible que les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses ne forment pas un réticulum permanent, mais possèdent une certaine mobilité, formant des connexions variables le long des lignes traversées par les excitations nerveuses (1). »

Contre l'hypothèse de RABL-RÜCKHARD, von LENHOSSEK, avant ou en même temps que KÖLLIKER et que S. RAMON Y CAJAL, faisait valoir l'objection suivante, de nature histologique : dans la moelle épinière, les dendrites apparaissent déjà de bonne heure, il est vrai, et y acquièrent bientôt un certain développement. Déjà, au quatrième jour, on voit, chez le poulet, des cellules ramifiées, et, si l'on compare des coupes de moelle épinière de cet oiseau avec celles des embryons humains, on doit admettre que, chez l'homme, les dendrites existent déjà vers la troisième semaine

---

(1) Brain. T. XIV, 1891, p 568.

Les cellules nerveuses sont-elles amiboïdes? Si les prolongements cellulaires étaient mobiles, comme l'a supposé RABL-RÜCKHARD (1890), sans plus tenter de le démontrer que MATHIAS DUVAL ou LÉPINE, l'idée qu'on peut essayer de se faire du mécanisme des phénomènes psychiques en serait certainement modifiée. Sous l'action de la morphine, du chloroforme, de l'hydrate de chloral, sous l'influence d'une stimulation prolongée des centres corticaux par une excitation électrique intense, DEMOOR a vu « les nombreux prolongements du neurone » prendre l'aspect variqueux ou moniliforme bien connu des dendrites chez les animaux soumis à certaines intoxications ou infections, consécutivement aux embolies des artérioles du territoire de distribution de ces prolongements, etc. Mais, quand la perturbation n'avait pas été trop considérable, l'auteur belge témoigne que, quelques heures après l'expérience, la structure moniliforme disparaît. « Comme cette altération de la cellule n'est pas définitive, nous pouvons, dit-il, la considérer comme étant le résultat d'une réaction de la substance vivante vis-à-vis des excitants » (*). DEMOOR croit légitime d'appliquer à la cellule nerveuse les phénomènes de réaction du protoplasma des cellules végétales. L'état moniliforme, résultat de l'action des excitations sur la cellule nerveuse, lui apparaît comme une « preuve de la plasticité du *protoplasma sensible du neurone.* » Bref, il estime que ses recherches expérimentales « tendent » à faire admettre « une plasticité assez grande des *prolongements cellulaires* » : « La transformation d'une branche nerveuse en un *filament moniliforme* doit nécessairement entraîner des modifications considérables dans les contacts multiples que les cellules ont réalisés entre elles. Elle a pour conséquence un raccourcissement relatif des *prolongements* ; elle est accompagnée d'ailleurs d'une contraction générale du *corps de la cellule.* » L'association des activités cellulaires s'en trouverait naturellement diminuée d'autant. Aussi DEMOOR incline-t-il à expliquer par ces faits la *fatigue*, le *surmenage*, le *sommeil*. « Pouvons-nous appliquer au *sommeil physiologique* l'explication que nous venons de donner? Nous le pensons. Nous croyons que le sommeil régulier et périodique, tout comme le sommeil provoqué par le chloroforme et la morphine, tout comme l'inactivité succédant au travail exagéré, trouve en partie son explication dans les faits étudiés dans ce travail. La cause de l'apparition du sommeil est une autre question. Pourquoi les

(*) J. DEMOOR. *La plasticité morphologique des neurones cérébraux.* Travail de l'Institut Solvay, Bruxelles, Liège, 1896, p. 10.

environ. Mais il y a un grand nombre de cellules nerveuses dont les dendrites, nous le savons exactement, ne réalisent que beaucoup plus tard, et même après la naissance, une partie de leur développement : telles les cellules de PURKINJE, les grains de l'écorce du cervelet, les cellules pyramidales. Il va de soi que ce lent développement, absolument typique, des dendrites de l'écorce du cerveau et du cervelet, est absolument opposé

prolongements pourraient-ils prendre périodiquement l'état moniliforme ? » L'auteur, qui ne manque point de judiciaire, a la sagesse de ne pas même tenter de « résoudre » une question ainsi posée. D'ailleurs ses recherches il en convient, « tendent » à faire admettre une plasticité plus ou moins étendue des neurones cérébraux ; il ne dit nulle part qu'elles le démontrent.

J. DEMOOR a examiné, au moyen des méthodes de MANN et de GOLGI : 1° les cellules des centres optiques de la vision mentale chez des chiens dont un œil avait été soustrait à l'action de la lumière, 2° les cellules corticales du chien sous l'influence de la morphine, de l'hydrate de chloral et du chloroforme ; 3° des cellules nerveuses du centre psycho-moteur après application prolongée de courants électriques sur ce centre cérébral. Dans les cellules du centre optique de la vision mentale, celles qui correspondaient à l'œil dont la vue avait été maintenue se coloraient plus faiblement que celles du côté correspondant à l'œil soustrait à l'influence de la lumière ; les premières avaient un *volume moindre* et leurs *noyaux* étaient de forme *irrégulière*. Sous l'influence de la morphine, etc., les prolongements dendritiques, et même le prolongement cylindraxile, des cellules de l'écorce du chien, dans la seconde série d'expériences, présentaient un aspect très nettement variqueux. Enfin, dans la troisième série, les cellules étaient contractées, de forme souvent globuleuse, les prolongements épais et souvent moniliformes. J. DEMOOR voit dans l'état variqueux des prolongements ce qui caractérise l'état d'excitation du neurone. Il en infère l'existence de la plasticité du protoplasma des cellules nerveuses. Le raccourcissement des prolongements et la contraction du corps cellulaire seraient autant de causes capables de diminuer la synergie fonctionnelle des individus cellulaires associés pendant la veille et à l'état physiologique. Il lui a donc paru qu'on pourrait peut-être expliquer ainsi les phénomènes de la fatigue et du sommeil.

LUGARO, en partant d'expériences identiques, témoigne qu'il est arrivé à des résultats tout à fait négatifs : « Dans les différentes régions du système nerveux central d'un lapin tenu pendant quelques heures dans une profonde narcose (injections de chloral et de morphine), je constatai sur les fins dendrites la présence des épines collatérales, dont l'aspect était absolument normal. Cela montre que si les modifications fonctionnelles déterminent sur les extrémités nerveuses des changements de volume, de forme et de position, ces changements ne sont pas tellement accusés qu'ils soient appréciables à une simple inspection. Comme le résultat relatif à la présence des épines a bien plus de valeur que des constatations de faits négatifs, quelque nombreux qu'ils soient, on ne peut attribuer qu'à des imperfections de technique les résultats de DEMOOR. Et cela d'autant plus que, sur les préparations normales, suivant les méthodes employées et le mode de leur emploi, il n'est pas rare de trouver des varicosités dans les prolongements cellulaires. Il n'est point rare non plus de rencontrer, dans les descriptions de structures normales, continue LUGARO, même chez l'adulte (car, chez l'embryon, c'est la règle), des formes plus ou moins nettes de varicosité dans les prolongements (*) ». Dans les plus anciens travaux exécutés avec la méthode de GOLGI, les plus délicates particularités de forme de ces appendices épineux des dendrites étaient à peine aperçues ; l'irrégularité avec laquelle ces épines se montraient faisait qu'on les tenait communément pour des produits artificiels de la technique. Ce n'est que depuis l'emploi systématique des procédés rapides avec les liquides osmiques que la présence des épines a été considérée comme normale, et que ces appendices représentent un caractère propre de la morphologie des dendrites.

* E. LUGARO. *Nuovi dati e nuovi problemi nella patologia della cellula nervosa*. Riv. di patol. nerv. e ment., 1896 I, 303 sq.

aux hypothèses de RABL-RÜCKHARD et de ceux qui supposent que les expansions protoplasmiques, ou dendrites des cellules nerveuses, ne sont point des formes anatomiques à morphologie fixe, mais sont constamment animées de mouvements amiboïdes (1).

Dans un article sur l'*Origine du quatrième nerf cérébral et sur un point d'histophysiologie générale qui se rattache à cette question* (2), à propos d'une espèce de cellules nerveuses centrales, globuleuses, à contours nets, de 60 à 80 μ, différant complètement du type général des cellules nerveuses centrales, puisque les prolongements dendritiques auraient fait complètement défaut, GOLGI demandait ironiquement comment ces éléments, sans organes de réception des stimuli, pouvaient exercer leurs fonctions nerveuses. On aurait pu, avec LENHOSSEK, lui poser une question au moins aussi indiscrète : comment, avec le manque d'organes de nutrition, ces cellules adendritiques peuvent-elles se nourrir? Après DEITERS, GOLGI rapprochait naturellement ces cellules d'origine du nerf pathétique, unipolaires, des cellules des ganglions cérébro-spinaux en général (ganglions intervertébraux, ganglion de GASSER, etc.). Quant à la question de savoir si l'unique prolongement de ces cellules, prolongement nerveux à revêtement myélinique, se comportait d'une manière identique à celui des cellules de ces ganglions, s'il présentait la division en deux rameaux à direction opposée, GOLGI ne pouvait encore se prononcer à ce sujet. Pour KÖLLIKER, au contraire, ces cellules globuleuses étaient de véritables cellules multipolaires; elles représentaient pour lui les cellules d'origine des fibres de la racine supérieure du trijumeau, racine motrice, comme en témoignent, dit-il, l'épaisseur des fibres et la grosseur des cellules.

On conçoit quelle importance GOLGI attachait à sa découverte. Les critiques fort vives qu'il dirigea, cette fois encore, contre la théorie de RAMON Y CAJAL et de VAN GEHUCHTEN touchant la valeur fonctionnelle des prolongements protoplasmiques, édifient pleinement à cet égard. Il croyait avoir enfin trouvé, dans l'existence de ces cellules dénuées, suivant lui, de dendrites, un fait capable de ruiner la doctrine de la conductibilité nerveuse cellulipète des prolongements protoplasmiques, appareils de réception des courants nerveux dans la nouvelle école, alors qu'il continuait à considérer les dendrites comme des organes trophiques de la cellule nerveuse. En effet, si conformément au principe de la polarisation

---

(1) MICHAEL von LENHOSSEK. *Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen*. 2e Aufl., 1895, p. 51.

(2) Arch. ital. de biol., 1893, XIX, 453 sq. Cf. LUGARO. *Sur les cellules d'origine de la racine descendante du trijumeau*. Ibid., 1895, XXIII, 78.

dynamique des éléments nerveux, la direction du courant, pour toutes les catégories de cellules nerveuses, ne va plus du prolongement cylindraxile à la cellule, mais du prolongement protoplasmique à la cellule, ce n'est rien de moins qu'une « révolution », constatait GOLGI, dans la manière de considérer la signification des différentes parties du neurone. Or si les appareils de réception, indispensables pour la théorie, font défaut ici, puisque voici des cellules centrales sans prolongements protoplasmiques, comment s'accomplira, à travers les neurones, le cycle des courants nerveux cellulipètes et cellulifuges ? « Je ne peux me dispenser de faire observer, écrivait GOLGI, que les cellules nerveuses spéciales dont j'ai reproduit plus haut une figure, et dont la principale caractéristique consiste dans l'absence de prolongements protoplasmiques, représentent, par rapport à la théorie de la polarisation dynamique, un véritable point d'interrogation. »

Le grand nom de CAMILLO GOLGI imposait aux histologistes dissidents un examen approfondi du fait auquel le savant italien attachait une si haute importance. VAN GEHUCHTEN, poursuivant ses recherches sur l'organisation interne du système nerveux de la truite, au moyen de la méthode de GOLGI, a obtenu, imprégnées par le sel d'argent, dans un certain nombre de préparations, des cellules d'origine et des fibres radiculaires du nerf pathétique, ainsi que les éléments constitutifs de la racine supérieure et de la racine inférieure du trijumeau. Les cellules nerveuses du noyau d'origine du nerf pathétique sont bien des cellules unipolaires à prolongement nerveux unique. Quant aux cellules globuleuses voisines de la racine supérieure du trijumeau, racine motrice (KÖLLIKER), elles sont unipolaires ou bipolaires. Des deux cellules de cette espèce, représentées dans des figures de VAN GEHUCHTEN, l'une, unipolaire, est pourvue d'un prolongement unique très épais, d'où sortent, à une petite distance du corps cellulaire, quelques courts *prolongements protoplasmiques ascendants* ; l'autre, bipolaire, outre son prolongement axile descendant, possède un *prolongement ascendant de nature protoplasmique*. Après avoir émis un certain nombre de collatérales, les prolongements cylindraxiles de ces deux cellules nerveuses pénètrent dans la racine périphérique du nerf de la cinquième paire. « Ces cellules, conclut VAN GEHUCHTEN, sont donc pourvues de prolongements protoplasmiques et d'un prolongement cylindraxile. L'existence de prolongements protoplasmiques à ces cellules mérite d'être relevée d'une façon spéciale. Elle enlève toute valeur à l'objection formulée par GOLGI contre la théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux. D'ailleurs l'existence, dans le système nerveux central, de cellules uniquement pourvues d'un prolongement cylindraxile, ne diminuerait en rien la valeur de la doctrine que nous avons émise avec

RAMON Y CAJAL, vu que l'appareil de réception d'un élément nerveux est constitué à la fois par le corps cellulaire et par les prolongements protoplasmiques (1). »

Les dendrites participent donc bien à la transmission des processus nerveux. Dans le bulbe olfactif, les arborisations des fibres olfactives n'entrent jamais en contact avec le corps cellulaire des cellules mitrales : elles s'arborisent dans les glomérules, au milieu des ramifications des dendrites descendant des cellules mitrales : ces dendrites reçoivent donc bien directement l'onde nerveuse apportée par les fibres olfactives (CAJAL). Nous savons que les mêmes rapports existent entre les arborisations centrales des fibres optiques et les ramifications protoplasmiques des cellules du lobe optique des oiseaux qui emportent vers l'écorce les excitations lumineuses (VAN GEHUCHTEN). Enfin, nous avons vu que les prolongements axiles des cellules mitrales du lobe olfactif, au moins ceux de la racine olfactive externe, s'arborisent dans les couches superficielles des territoires corticaux, là où montent précisément les faîtes des bouquets dendritiques des cellules pyramidales, de manière que ces prolongements protoplasmiques peuvent seuls recueillir les stimuli olfactifs (CALLEJA). Rappelons, avec von LENHOSSEK, qui attache avec raison à ce fait une importance décisive, que dans beaucoup de cellules nerveuses le prolongement nerveux axile ne sort pas directement du corps de la cellule, mais d'un des rameaux de ses dendrites souvent fort éloignés, observation qui n'avait pas échappé à DEITERS, fait qu'ont bien étudié KÖLLIKER, CAJAL et VAN GEHUCHTEN, et qui implique qu'entre le corps cellulaire et ses dendrites il n'existe point de différence quant à la nature anatomique et fonctionnelle du protoplasma.

Des mouvements moléculaires inconnus, des transformations chimiques, s'accomplissant dans les parties élémentaires de ce protoplasma, représentent sans doute les processus matériels qui, suivant von LENHOSSEK, auraient lieu parallèlement à « l'événement psychique », et cela sous la forme d'un « mouvement se propageant sous la forme d'onde » (p. 140). Dans le protoplasma de la cellule nerveuse coexistent à la fois les conditions de la *conduction* nerveuse et de l'activité physiologique ou de la *fonction nerveuse* ; la substance du prolongement nerveux axile n'est qu'un organe de *transmission*.

Von LENHOSSEK se range donc du côté de RAMON Y CAJAL, de KÖLLIKER, de VAN GEHUCHTEN, de RETZIUS, etc., de tous ceux qui croient les dendrites

---

(1) VAN GEHUCHTEN. *De l'origine du pathétique et de la racine supérieure du trijumeau*, 1895.

impliqués dans l'exercice des fonctions nerveuses du neurone. Il admet également la doctrine de la polarité dynamique des cellules nerveuses, principe établi d'abord par VAN GEHUCHTEN (1891), puis par CAJAL (1891) et adopté par RETZIUS (1893). Mais il ne croit pas que la direction du courant nerveux soit cellulipète dans tous les dendrites, sans exception, même chez ceux qui appartiennent à des cellules d'une autre catégorie que celle des *monaxones*. Dans les cellules multipolaires et sans prolongement nerveux apparent, telles que les grains du lobe olfactif, les amacrines de la rétine, les prolongements dendritiformes ne doivent pas être considérés comme des prolongements protoplasmiques typiques, mais comme des formations neuraxiques modifiées. Peut-être l'étude de ces prolongements, par d'autres méthodes de coloration, par celle de NISSL, permettra-t-elle de les rattacher au type structural des prolongements nerveux.

Sur un autre point encore von LENHOSSEK s'écarte de RAMON Y CAJAL et de VAN GEHUCHTEN. La pensée de ces savants, relativement aux dendrites, est évidemment que l'ordre et la disposition de ces ramifications sont en rapport avec les associations fonctionnelles des cellules nerveuses auxquelles elles sont indispensables pour le mécanisme des processus nerveux, et que ce mécanisme est précisément adapté à cette fin. Von LENHOSSEK estime, au contraire, que la cause déterminante du nombre et de la forme des dendrites n'est pas toute dans les rapports d'association fonctionnelle des neurones entre eux. Certes, beaucoup de dendrites servent de voies de conduction aux ondes nerveuses dans la direction indiquée : c'est un fait qui ne souffre aucun doute. Mais les dendrites doivent servir encore à autre chose.

Von LENHOSSEK a exposé son idée à ce sujet dans son *Hypothèse des rapports fonctionnels des cellules nerveuses entre elles*. Et d'abord, si les dendrites n'avaient d'autre fonction que celle d'associer les neurones, les contacts nécessaires entre les éléments nerveux auraient pu avoir lieu sans un tel luxe de ramifications, qui paraît vraiment excessif dans certaines régions du névraxe; dans celles où l'on trouve les cellules de PURKINJE et les cellules mitrales en particulier. « A quoi servent, écrit von LENHOSSEK, les dendrites si énormément nombreux des cellules de la moelle épinière, alors que les fibrilles latérales du prolongement nerveux, ainsi que nous croyons l'avoir démontré, suffisent déjà en partie pour la réception de l'excitation ; un nombre moindre de dendrites n'aurait-il pas été suffisant ? C'est une réflexion qu'a déjà faite KÖLLIKER. » Von LENHOSSEK suppose donc que la cause véritable, déterminante, du type des dendrites serait celle-ci. Du fait de l'exubérance des ramifications de la plupart des cellules nerveuses, chaque cellule peut entrer en contact avec un nombre considérable de fibrilles nerveuses de provenance et de genre différents ; comment,

avec des contacts aussi multipliés, des conductions isolées, qui ne doivent résulter que de certains contacts déterminés, sont-elles possibles? C'est ce qu'il est difficile de dire. On est ainsi amené à penser que la substance du protoplasma cellulaire, y compris celle des dendrites, n'est point, d'une manière générale, également excitable par toute excitation, mais que ses qualités propres de réaction sont réglées de telle manière qu'elles ne répondent qu'à certaines formes déterminées d'excitation. « La cellule est pour ainsi dire accordée pour des excitants déterminés » ; des nombreux contacts auxquels sa surface est exposée, quelques-uns seulement seraient fonctionnellement efficaces ; ses molécules ne pourraient être mises en vibration, à la manière d'un résonateur, que par les états d'innervation de quelques-unes des nombreuses espèces de fibres qui entrent en contact avec elle. Cette « correspondance fonctionnelle » aurait sa raison d'être dans certaines propriétés de structure interne, dans certains rapports d'équilibre et d'arrangement moléculaires.

Quoi qu'il en soit, cette hypothèse s'accorderait au mieux, suivant von Lenhossek, avec les phénomènes du développement psychique, de la vie psychique elle-même (*Seelenleben*) : dans le passé, on pourrait admettre pour les « connexions fonctionnelles » un développement progressif; plus tard, elles fourniraient un substratum pour la liaison de nouvelles associations résultant des contacts fonctionnels demeurés jusque-là inactifs. Il serait ainsi inutile de supposer que la production de nouvelles associations dans les sphères psychiques provoque, comme processus matériel parallèle, la formation de nouvelles ramifications dendritiques, condition anatomique de nouveaux points de contact.

V. — LES PROTOPLASMAS VÉGÉTAL ET ANIMAL ET LES FONCTIONS PSYCHIQUES

La question de l'origine et de la nature des phénomènes psychiques est au fond réductible à celle de l'origine et de la nature de la vie. C'est le grand mérite de la philosophie moniste des deux derniers siècles et du nôtre d'avoir cherché à supprimer l'opposition traditionnelle du corps et de l'âme, de la matière et de l'esprit, pour les considérer comme les deux aspects d'un seul et même fait, comme l'apparence subjective et objective d'un seul et même événement, comme les modes d'une seule et même substance, qui ne nous paraissent autres que parce que nous les connaissons différemment. Cette doctrine, exclusive du matérialisme et du spiritualisme, a définitivement vaincu l'antique dualisme. Pour expliquer l'origine de la vie et celle de ses propriétés psychiques, on a dû étendre aux derniers éléments de la matière, considérée comme la substance, comme l'être unique et universel, les propriétés supérieures que manifestent les êtres composés précisément de ces mêmes éléments. Si l'agrégat est sensible, c'est que la sensibilité était en puissance dans les parties qui le constituent. On incline donc à admettre que toute matière serait, au moins en puissance, capable de sentir, et que, dans certaines conditions, cette sensibilité latente passe à l'acte. Cette obscure tendance à sentir et à se mouvoir d'après certains choix inconscients, se manifesterait dans les atomes, dans les molécules, et surtout dans les plastidules, ou parties élémentaires du protoplasma. Conçu de cette façon, l'atome ne serait plus cette masse solide et étendue (et pourtant indivisible par définition) que les anciens philosophes ont admise par hypothèse.

Puisque, en outre des propriétés mécaniques, physiques, chimiques, les dernières particules de la matière posséderaient aussi des propriétés d'ordre biologique, telles que celles de sentir, de percevoir et de se mouvoir, le moyen de ne pas songer aux idées de Glisson sur la vie de la nature et aux monades de Leibnitz ? Or, ce dynamisme ne serait que l'aspect subjectif du mécanisme de la nature. Car Leibnitz n'admit jamais dans l'univers ni dans les organismes l'existence d'un principe contraire au mécanisme ; il tenait que, dans les corps, tout doit s'expliquer

mécaniquement. Point de corps sans mouvement; point de substance sans effort : toute la nature est pleine de vie. Ni force plastique, ni archées ne sont donc nécessaires pour animer le vaste mécanisme de l'univers.

Or, ces imaginations ne sont pas des rêveries de philosophes platoniciens ou panthéistes : parmi ceux qui leur ont trouvé quelque vraisemblance, ou même davantage, les noms de TYNDALL, de W. THOMSON, de NAEGELI, de ZŒLLNER, d'HAECKEL, de PREYER, de FOREL, de LUCIANI, etc., sont bien connus des physiciens et des physiologistes (1). Ces savants ont repensé les mêmes doctrines en méditant sur les plus grands problèmes de la vie et sur les propriétés psychiques qu'on observe chez les ancêtres des Plantes et des Animaux, comme chez les Invertébrés et les Vertébrés. Ces propriétés, à quelque degré que ce soit, existant toujours et universellement dans tout ce qui a vie, les fonctions psychiques sont aussi inséparables du protoplasma que n'importe quelle autre fonction biologique servant à définir ce « complexus chimique moléculaire (2) », substance organisée, d'abord clairement caractérisée chez les Protozoaires par DUJARDIN. Mais il en est de la nature des propriétés psychiques, considérées dans leur essence, comme de celle des autres propriétés de la vie : c'est là un ordre de considérations qui, dépassant le domaine de l'observation et de l'expérience, ne saurait être objet de science ; la critique de KANT l'a établi pour tous les siècles.

L'étude des différents tropismes, c'est-à-dire des changements de direction des mouvements déterminés chez les plus anciens ancêtres des Plantes et des Animaux, comme chez les Végétaux et les Animaux eux-mêmes, sous l'influence des différentes sources d'excitation — mécanique, physique, chimique et physiologique — du milieu ambiant, appliquée aux

---

(1) J. SOURY. *De hylozoismo apud Recentiores*. Lutet. Paris, 1881, 18-38, 95-118.

(2) ALEX. DANILEWSKY. *La substance fondamentale du protoplasma et ses modifications par la vie*. La Presse médicale, 1894, p. 107.

« A l'origine de tout apport de vie se trouvent les protoplasmas, matières azotées de nature albuminoïde complexe, et ainsi *les animaux et les végétaux partent d'une série chimique sensiblement uniforme et se confondent au point de départ*. Bientôt les germes accentuent leur individualité héréditaire et l'accroissement tend à classer le stock de matière qui vit sur le globe en deux lots : les saccharides végétaux et les albuminoïdes animaux, moins abondants. Passée la période embryonnaire, les tissus végétaux contiennent peu d'albumines par rapport aux saccharides.

Ces derniers se meuvent aux heures de travail sous forme de solutions de glucoses ou de saccharoses, puis se fixent en polysaccharides de réserve dans les organes de soutien ou dans ceux qui sont chargés d'un embryon. Ils doivent alors suivre et protéger le germe dans sa première vie hasardeuse... Les saccharides sont faits de C + H + O, selon des arrangements limités. Les albuminoïdes restent infiniment plus complexes. Il n'est pas juste de dire que les albuminoïdes, les corps biologiques par excellence, soient quaternaires ou faits seulement de C + H + O + Az, même selon des arrangements illimités. De plus en plus entre dans l'étude de la vie l'influence de P, S, I, Ca, Mg, Mn, Fe, Co, Fl, Cl. » — A. ETARD. Rev. gén. des sciences, 1898, IX[e] an., 864-5.

protoplasmas plus ou moins différenciés, aux tissus, aux organes, aux appareils et aux systèmes, constitue le plus sûr fondement de la Psychologie physiologique. L'intensité de l'excitation étant connue, il est possible de mesurer le degré d'excitabilité des différents êtres vivants aux mêmes *stimuli*.

Or, il s'en faut bien, comme on devait le supposer *a priori*, que le protoplasma soit uniformément différencié et réagisse également aux mêmes excitations. Certaines sensations des Vertébrés, telles que l'audition et la vision, ne paraissent même pas exister, n'existent pas (HODGE), chez certains Protozoaires. L'étude des organes des sens chez ces organismes, dont quelques familles sont déjà pourtant très différenciées, a montré que même les Protozoaires capables de distinguer les différences d'intensité lumineuse, avec les longueurs d'ondes, ne sauraient rien reconnaître à distance. Les *stimuli* acoustiques n'agissent que mécaniquement au moyen de la transmission des vibrations communiquées au milieu par les corps vibrants. Alors que le phénomène de l'héliotropisme et du phototropisme est si manifeste chez les Plantes et les Animaux, et aussi chez les Bactéries et les Diatomées, les Amibes rampent d'une extrémité à l'autre du spectre solaire, du violet au rouge, du rouge au violet, sans que la vitesse ou la direction de leurs mouvements en soit en rien modifiée. La capacité de sentir les rayons lumineux, et partant de réagir à la lumière, résulterait donc d'une adaptation du protoplasma à certaines conditions d'existence. Il est probable, d'ailleurs, que les réactions locomotrices notées chez les autres Protozoaires ou Protophytes, voire chez les Plantes, chez les Invertébrés et chez certains Vertébrés aveugles ou privés d'yeux, dépendent bien moins de l'existence de véritables sensations lumineuses ou chromatiques que des effets thermiques ou chimiques des ondes lumineuses. Il n'en reste pas moins que l'étude des phénomènes de tropisme positif ou négatif, de suspension ou d'arrêt des mouvements, de contractions faibles ou fortes, partielles ou totales, du protoplasma amiboïde sous l'effet de stimulations efficaces, constitue, encore une fois, un des plus solides fondements de la Psychologie physiologique.

La physiologie végétale contemporaine, en étudiant les processus de sensibilité et de mouvement qui déterminent les phénomènes d'héliotropisme et de géotropisme, a, pour la première fois, introduit dans la science des notions d'une précision admirable touchant ce qu'on doit entendre par sensibilité ou faculté de perception, excitation, réaction, chez les êtres vivants. Il n'est pas exact, en effet, de dire que c'est la lumière qui excite la rétine; ce n'est pas ce stimulus qui provoque l'excitation de cette membrane; mais l'excitation due à la perception du stimulus. Bref, la cause externe ou interne d'une excitation et de la réaction consécutive

est toujours la perception d'une sensation : le stimulus n'est que la cause ou la condition de tout le processus.

Il n'est que juste de reconnaître que c'est à W. PFEFFER que revient surtout le mérite d'avoir introduit dans les sciences biologiques ces fines et délicates analyses des fonctions les plus élevées des tissus vivants. Personne n'a insisté, dans un esprit à la fois plus rigoureusement scientifique et philosophique, sur la nature de cette sensibilité, de cette excitabilité des tissus végétaux, dont les réactions consécutives, quelles qu'elles soient, ne sont toujours que l'expression des propriétés et des structures de l'organisme, la mise en liberté d'une partie des réserves d'énergie dont dispose celui-ci à un moment donné. Tout excitant (*Reiz*) n'est que la cause déterminante, externe ou interne, le choc, l'étincelle, qui détermine ce dégagement de force et provoque l'explosion d'une certaine quantité d'énergie accumulée dans les tissus (ERRERA). Entre l'agent qui provoque cette explosion et le dégagement de force qui en résulte, il peut n'exister pas plus de proportion qu'entre l'étincelle qui tombe sur un amas de poudre et la conflagration des matières détonantes. L'excitabilité d'un être vivant ne nous est connue que par l'effet qui suit l'action du stimulus. Mais excitabilité implique sensibilité et perception (*Perceptionsfähigkeit*). Une réaction, un mouvement, un échange organique, etc., voilà l'unique langage par lequel se révèle à nous l'excitabilité de cet être vivant, autrement muet, la plante. Le ver de terre qui se contracte sous une excitation, le papillon de nuit qui vole à la lumière n'ont d'ailleurs pas pour nous d'autre langage que la *mimosa pudica* dont les feuilles se ferment au moindre contact, que les tiges des plantes qui s'incurvent vers la fenêtre éclairée, ou que les spores mobiles dont les mouvements s'orientent vers quelques parcelles de substance alimentaire.

L'excitabilité est une propriété fondamentale de toute matière vivante, et, chez tout végétal comme chez tout animal, des rapports définis existent entre l'excitation et la réaction qui la manifeste. W. PFEFFER a constaté, on le sait, que la loi de WEBER exprimait ces rapports aussi chez les végétaux, quant aux excitations et aux réactions chimiotaxiques (1). La justesse de ces observations et expériences, qui ont fait époque dans la science, a été confirmée. Quant à la distinction entre les phénomènes de chimiotaxie et de chimiotropisme, PFEFFER y a suffisamment insisté pour qu'aucune confusion ne soit possible. Il convient pourtant de signaler que même chez

---

(1) W. PFEFFER. *Untersuchungen aus d. botanischen Inst. zu Tubingen*, I, 1881-5, II, 1886-8, 633. Cf. I, 395. — *Die Reizbarkeit der Pflanzen*. Verhandlungen d. Ges. d. Naturf. u. Aertze. 65 Vers. zu Nürnberg. Sept. 1893. Leipz., 1893, 68 sq.

les végétaux qui ne jouissent point d'une libre locomobilité, des mouvements d'orientation ou de direction, des tropismes, peuvent être déterminés par des excitations chimiques. La vérité de cette hypothèse ancienne de PFEFFER a aussi été démontrée (1).

Des « organes » des sens sont aussi peu nécessaires pour l'excitabilité que pour la vie, « dont les pulsations battent déjà dans le corps protoplasmique le plus simple ». La variété et la délicatesse de la sensibilité ne semblent pas moins étendues chez les végétaux que chez les animaux.

A l'égard de certains excitants, la sensibilité de ceux-ci est même souvent surpassée par celle des plantes. Sans parler de l'extraordinaire faculté de réaction des plantes grimpantes au moindre contact, la billionième ou la trillionième partie d'un milligramme d'extrait de viande attire les bactéries, etc. Beaucoup de plantes sont fortement affectées par les rayons ultra-violets, etc. Malgré tout, la division du travail physiologique est certainement moins avancée chez le végétal que chez l'animal : si ce degré inférieur d'avancement présente quelques avantages pour l'étude de certaines questions, il offre pour d'autres des désavantages, car un organe réagit avec d'autant plus de netteté que sa fonction est plus spécialisée. L'étude de la faculté de courbure hydrotropique des racines révèle que les fonctions de perception et de réaction sont localisées sur des points différents de l'organisme : la courbure a lieu à quelque distance du sommet de la racine, qui ne se courbe pas elle-même : elle possède seulement la faculté de sentir, comme stimulus, la *différence* du degré d'humidité de l'air. MOLISCH a montré que la courbure hydrotropique ne se produit que si l'extrémité seule de la racine est exposée à ce genre d'excitation. Ce qui prouve bien que le sommet seul de la racine est sensible à ce stimulus, c'est que la courbure n'a pas lieu dès qu'on plonge dans l'eau cette extrémité seule ou qu'on la soustrait à l'excitant hydrotropique en la coiffant d'une petite chape de papier humide. Ces faits et d'autres semblables rappellent bien sans doute les réactions des organes des sens à leurs excitants spécifiques. Mais, dans la plante, la division du travail n'a pas progressé assez loin pour que l'unique et principale fonction de l'extrémité de la racine consiste dans la perception d'un stimulus unique. PFEFFER a encore rappelé que si, chez les plantes, la réaction à l'excitant demeure souvent limitée à la zone de per-

---

(1) *Ueber Untersuchungen des* Dr MIYOSHI *aus Tokio betreffend die chemotropischen Bewegungen von Pilzfäden. Berichte üb. die Verhandl. d. k. Sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Mathem.-phys. Cl.*, 1893, p. 319. Cf. W. ROTHERT. *Ueber Heliotropismus. Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, VII, I. H., 1894.

ception, l'excitation peut se propager et s'étendre, comme il arrive souvent, à une distance considérable.

En somme, lorsqu'on essaie de remonter aux causes les plus éloignées de tout processus biologique, chez les plantes comme chez les animaux, partout et toujours, on trouve ce processus réductible aux propriétés fondamentales d'un organisme élémentaire commun, sorte de pierre d'angle de l'édifice de la vie, le *protoplasma*. Pénétrer dans la structure et le mécanisme de ce microcosme, voilà « l'idéal de l'avenir ». Sans protoplasma, point de vie. Mais le protoplasma, organisme élémentaire vivant, est déjà lui-même un assemblage d'organes ou de fonctions des plus hétérogènes : la vie du végétal ou de l'animal n'est qu'une résultante du jeu des rouages et des ressorts de ce mécanisme. Encore qu'elles ne soient pas des organes spécialisés, destinés à une seule fonction, les parties de cet organisme élémentaire jouent déjà un rôle distinct dans la *perception*, dans la transmission de l'*excitation* et dans les *réactions* aux excitants internes et externes dont l'ensemble constitue ce que nous appelons la vie. De différences de nature entre les végétaux et les animaux, il n'en saurait exister, la communauté d'origine de tous les êtres vivants étant scientifiquement démontrée. Les caractères différentiels que l'on fondait autrefois sur les échanges des plantes et des animaux ne reposaient que sur une méconnaissance complète de la nature des phénomènes de nutrition des végétaux. De même qu'aux points de vue anatomique et morphologique, les plantes et les animaux présentent les mêmes problèmes de physiologie générale.

Il n'en va pas autrement pour cette étude des états internes de la vie qu'on nomme psychiques. Pfeffer s'est demandé, à son tour, jusqu'à quel point et dans quelle mesure, « on doit concéder des sentiments et des émotions de cette nature (*psychische Regungen*) aux plantes et aux animaux inférieurs. » L'embarras des naturalistes est très grand, car « nous ne pouvons toujours conclure à l'existence de processus psychiques chez d'autres êtres vivants que d'après ce que nous éprouvons et sentons nous-mêmes. » Objectivement, nous ne constatons chez ces êtres que des changements, des effets et des suites des différents excitants capables de provoquer des réactions des organismes.

Rien ne nous révèle si ces réactions sont accompagnées d'une conscience obscure ou crépusculaire (1). Pfeffer estime pourtant que le naturaliste a le droit de parler, quoique dans un sens métaphysique, qu'il

(1) Cf. C. v. Nägeli. *Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre*. München u. Leipzig, 1884, 590.

s'agisse d'animaux inférieurs ou de plantes, de sensibilité (*Sensibilität der Pflanzen*). Comme tout sceptisme vraiment scientifique, on ne peut qu'approuver cette réserve. Les inductions les plus légitimes que nous puissions tirer de la communauté de fonctions qu'entraîne et implique logiquement la communauté de matière vivante d'où tous les êtres tirent leur origine, ne sauraient jamais être que des inductions, c'est-à-dire de pures conclusions de l'entendement humain. Ici pourtant, sauf un dernier chaînon, aucun des anneaux de la chaîne du processus ne se dérobe à l'observation et à l'expérimentation, et, si l'on va au fond des choses, on ne trouve aucune différence, quant à ce dernier chaînon inconnu, entre l'homme, notre semblable, et l'algue la plus rudimentaire. Pour l'un comme pour l'autre, nous ne pouvons qu'inférer de l'existence d'une réaction à la perception d'une sensation. Aucune induction légitime ne permet d'aller plus loin. En d'autres termes, nous ne saurions affirmer que tout phénomène de sensibilité possède un état interne appelé sensation. Toutefois, répétons-le, si nous refusons aux algues ou aux spores mobiles ces états internes, il n'y a point la moindre apparence que nous devions les « concéder » à l'homme lui-même. Posé dans ces termes très simples le problème ne nous paraît guère capable de recevoir deux solutions.

« L'analogie, dit LAPLACE, est fondée sur la probabilité que les choses semblables ont des causes du même genre et produisent les mêmes effets. Plus la similitude est parfaite, plus grande est cette probabilité. Ainsi nous jugeons sans aucun doute que des êtres, pourvus des mêmes organes, exécutant les mêmes choses, et communiquant ensemble, éprouvent les mêmes sensations et sont mus par les mêmes désirs. La probabilité que les *animaux* qui se rapprochent de nous par leurs organes ont des sensations analogues aux nôtres, quoiqu'un peu inférieure à celle qui est relative aux individus de notre espèce, est *encore excessivement grande*; et il a fallu toute l'influence des préjugés religieux pour faire penser à quelques philosophes que les animaux ne sont que de purs automates. La probabilité de l'existence du sentiment décroît à mesure que la similitude des organes avec les nôtres diminue; mais elle est *toujours très forte*, même pour les *insectes*. En voyant ceux d'une même espèce exécuter des choses fort compliquées, exactement de la même manière, de générations en générations, et sans les avoir apprises, on est porté à croire qu'ils agissent par une sorte d'affinité analogue à celle qui rapproche les molécules des cristaux, mais qui, se mêlant au sentiment attaché à toute organisation animale, produit, avec la régularité des combinaisons chimiques, des combinaisons beaucoup plus singulières : on pourrait peut-être nommer *affinité animale* ce mélange des affinités électives et du sentiment. Quoiqu'il existe beaucoup d'analogie entre l'organisation

des *plantes* et celle des animaux, elle ne me paraît pas cependant suffisante pour étendre aux végétaux la faculté de sentir ; *comme rien n'autorise à la leur refuser* (1). »

Il est certain que toute activité primitivement consciente de l'esprit devient ou tend à devenir réflexe et paraît continuer à s'exercer, dans l'individu comme dans l'espèce, sans plus provoquer d'état conscient correspondant. La conscience, qui ne peut être, à tous ses degrés, qu'un accompagnement des processus psychiques de la vie, doit nécessairement subir les effets des modifications que traversent ces processus eux-mêmes, au cours des différents états d'organisation du système nerveux central, chez les êtres qui en possèdent un, Invertébrés ou Vertébrés, aussi bien que chez les Protozoaires et les Protophytes, où le protoplasma cellulaire n'a pas atteint le même degré de différenciation. La finalité des réflexes ne saurait donc impliquer, comme l'admet W. Wundt, l'existence primordiale de processus de la volonté. Ceux-ci supposent en effet des phénomènes de représentations, des images mentales, associées en complexus plus ou moins vastes. La sélection naturelle explique la finalité de tous les phénomènes biologiques, et, par conséquent, celle des réflexes, simples ou complexes, dans les êtres vivants. Mais, si la production et l'organisation des réactions sensibles les plus rudimentaires du protoplasma cellulaire, en apparence amorphe, des Protozoaires n'impliquent certes ni représentation, ni volonté, au sens où l'on peut parler de pareilles fonctions lorsqu'il existe des neurones associés en ganglions, des ganglions reliés au moyen de commissures, formées des prolongements cylindraxiles de ces neurones, ainsi fonctionnellement solidarisés, est-il légitime de soutenir que, avec le temps et à l'user, les réactions de la matière vivante du système nerveux central finissent par n'être plus accompagnées d'états internes, de perceptions conscientes ou subconscientes, plus ou moins vagues, bref, d'états cénesthésiques correspondants d'aucune sorte ? Les réactions de l'Amibe à la température, à la nature de la composition chimique du milieu, ne sont pas volontaires, si l'on entend par là des mouvements de réponse à une image ou représentation dont l'évocation doit précéder la transmission, de proche en proche, aux divers segments d'une chaîne nerveuse à direction efférente, excitation centrale qui provoque, comme événement ultime, l'activité d'un tissu ou d'un organe contractile. La rétraction ou l'émission des pseudopodes est pourtant un mouvement de réponse à une ou plusieurs excitations, successives ou simultanées, internes ou externes, de nature souvent hétérogènes et irréductibles. Si

---

(1) Laplace. *Essai philosophique sur les probabilités*. Paris, 1814, p. 86.

ces excitations n'avaient pas été senties et perçues à l'origine de la vie, si les réactions correspondantes qu'elles ont provoquées n'avaient pas été adaptées aux conditions de survie de ces protozoaires, l'individu, et partant l'espèce, auraient disparu, comme cela doit être arrivé dans d'innombrables expériences instituées par la nature.

Une sensation est-elle un événement psychique? Assurément. C'est une fonction du protoplasma, de la matière vivante, comme la respiration et la nutrition, qui reposent d'ailleurs sur cette propriété fondamentale de la vie, l'excitabilité.

Mais les états de cénesthésie provoqués par les actions et les réactions croisées des stimuli internes et externes, entretenant la vie des organismes, ont pu et ont dû, avec le temps, du fait de la répétition toujours plus facile des mêmes processus, devenir de moins en moins sensibles, et, si l'on veut, inconscients. Des mécanismes réflexes se sont organisés, et la persistance dans l'être a même dépendu, dans une mesure considérable, de la solidité et de la délicatesse de ces rouages. Les réactions thermotropiques, chimiotropiques, etc., sont devenues subconscientes ou, au moins en apparence, inconscientes; car qui peut imaginer quelque limite en deçà et au delà de laquelle les états internes les plus obscurs de cénesthésie, accompagnant toute activité réflexe et automatique des corps vivants, doivent apparaître ou disparaître à jamais? Dire que nos réflexes spinaux sont inconscients, par exemple, c'est dire simplement qu'ils ne paraissent plus être conscients pour les éléments nerveux de l'écorce du télencéphale. Ils l'ont été; ils ne paraissent plus l'être; ils le peuvent peut-être redevenir, soit à l'état normal, soit à l'état pathologique, dans la rééducation des mouvements « volontaires » chez les amphibiens ou les mammifères décérébrés, chez les ataxiques dans le tabes dorsal.

Si les différents tropismes, positifs ou négatifs, des Amibes, sont en apparence aussi inconscients que les réflexes organisés des Hyménoptères, ce n'est pas à dire qu'ils soient, même actuellement, tout à fait dénués de ces états internes, aussi obscurs qu'on voudra, appelés cénesthésiques, états qui ne nous sont guère mieux connus dans nous-mêmes, mais dont l'existence et la persistance ne sauraient être niées, puisqu'il suffit que, du fait de quelque cause anatomique, et partant physiologique, les rouages de notre machine « crient » et ne « jouent » plus facilement, pour que nous les entendions, c'est-à dire pour que nous ayons conscience de leur état actuel.

Le degré de conscience d'un phénomène psychique est en raison directe de sa facilité d'exécution et du degré de son organisation. Par elle-même, la conscience n'enlève ni n'ajoute rien aux processus, tout mécaniques, des réflexes. Et il n'y a que des réflexes dans la vie psychique, quelque

simple ou compliqué que soit un phénomène nerveux, chez l'Amibe comme chez l'Hyménoptère, chez le Poisson comme chez l'Homme.

Si le déterminisme le plus rigoureux, le déterminisme des sciences mécaniques et physico-chimiques, ne dominait toute la vie psychique des organismes, les réactions d'un Polype aussi bien que les opérations les plus élevées de l'intelligence et du génie, il n'y aurait pas de science des propriétés psychiques de la matière vivante, il n'y aurait pas de psychologie. Les réactions de la matière vivante, à tous les degrés de complexité et dans tous les états, ne sont, comme on le sait depuis Lavoisier, et comme l'enseignait Claude Bernard, que celles des combinaisons chimiques élémentaires constituant la substance même de ces organismes. « Nous arriverons à la conception mécanique de l'univers, même dans les manifestations les plus complexes de la nature, la vie et la pensée », a écrit Alfred Giard. Ce qui est vrai de l'Amibe est donc vrai de l'Homme. Mais, réciproquement, ce qui est vrai de l'Homme doit l'être de l'Amibe. Et si l'homme n'est qu'un automate intelligent, le Protozoaire, l'Insecte, le Vertébré sont d'autres automates intelligents, c'est-à-dire, dans l'acception la plus générale du mot, des machines réflexes sentantes.

Il n'existe pas de matière vivante dépourvue de la capacité de réagir; la réaction peut être consciente, subconsciente ou inconsciente, purement réflexe ; elle ne laisse pas d'être toujours psychique : car elle peut toujours, selon les conditions d'intensité, de durée et de complexité des stimuli, soit internes, sait externes, redevenir, d'inconscientes, subsconscientes et conscientes, l'événement psychique appelé conscience n'ajoutant ni n'enlevant rien, je le répète, à l'activité organique et fonctionnelle des mécanismes biologiques. Tout être vivant est, en outre, capable de variations et d'adaptations consécutives, fonctionnelles et structurales, depuis les processus germinatifs de l'œuf jusqu'à la mort, à travers tous les états intermédiaires d'évolution et d'involution nécessaires, partant de nutrition, soit générale, soit locale, des systèmes d'organes et d'appareils dont l'assemblage le constitue et réalise les conditions spéciales de sa cénesthésie. Qu'on puisse vivre sans le sentir, quels que soient d'ailleurs la nature et le degré de cette conscience, c'est ce qui passe l'entendement humain. Une horloge peut fonctionner sans sentir qu'elle fonctionne ; une plante, un animal ne le peuvent pas. Il ne parait donc pas, selon nous, qu'on ait le droit de parler de la vie de relation des fourmis et des abeilles, par exemple, ainsi que l'a fait Albrecht Bethe (1), comme résultant de

(1) Albrecht Bethe. Tirage à part de l'Archiv für die ges. Physiologie de Pflüger (Bd 70). (Travail du laboratoire de l'Institut physiologique de l'Université de Strasbourg). *Dürfen wir den Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben?* Bonn, 1898.

purs mécanismes réflexes, dénués, à la façon des mécanismes d'une montre, de tout événement psychique corrélatif, sensation, perception, souvenir, intelligence et conscience.

Si la montre fonctionne sans sentiment, ce que nous ignorons, mais ce qu'on peut continuer à admettre, aussi longtemps que la vie et la sensibilité nous paraîtront le résultat de combinaisons chimiques d'une complexité et d'une instabilité qu'on ne rencontre que chez les plantes et les animaux, c'est que la montre ne vit pas. Mais les Hyménoptères vivent. C'est pourquoi je ne crois pas qu' « on ait le droit », contrairement au savant que j'ai nommé, et qui n'a posé d'ailleurs qu'une question, de refuser aux fourmis et aux abeilles les fonctions psychiques de tout protoplasma et de tout karyoplasma de neurones associés, comme ils le sont chez ces insectes, en un système nerveux central des plus élevés en organisation. Je ne sais rien, je l'avoue, de plus arbitraire, que de limiter la psychologie à l'étude des fonctions conscientes de la matière vivante.

Tout psychologue distingue un mouvement volontaire, c'est-à-dire un mouvement précédé d'une représentation, d'un mouvement réflexe et automatique. L'apparence de la finalité intelligente de ces derniers n'en impose plus à un esprit réfléchi. La retraite des vers de terre dans leurs galeries pendant le jour et leur sortie le soir n'impliquent pas plus de réflexion et de volonté que les mouvements nyctitropiques ou héliotropiques des Végétaux. Il est douteux que le ver distingne comme tel le jour de la nuit, quoique ses ganglions cérébroïdes soient particulièrement affectés par la lumière ; mais l'enfouissement périodique dans son trou est, pour le ver et pour son espèce , une condition de survie absolue ; autrement, les animaux diurnes le dévoreraient. C'est là, DARWIN le dit expressément dans sa célèbre monographie, une « action d'habitude », issue de variations utiles, fixée par l'hérédité et renforcée par la sélection.

De même, si les feuilles de beaucoup de plantes se placent, la nuit, dans des positions très différentes de celles qu'elles occupent dans la journée, le résultat de ce mouvement est la *protection* des faces supérieures des feuilles contre les effets de la radiation nocturne. Les expériences de DARWIN ont montré que les feuilles qu'on force à demeurer horizontales, pendant la nuit, souffrent beaucoup plus de la gelée que celles qui peuvnt prendre la position verticale normale (1). Le grand naturaliste anglais en a-t-il conclu à une « âme » de la plante se protégeant efficacement par des

---

(1) CH. DARWIN. *La faculté motrice dans les plantes*, p. 286-8, 410, 452-3, et tout le ch. XII.

mouvements voulus, réfléchis et conscients? Non; car il a vu les feuilles de la plupart des plantes « prendre, le matin, leur position diurne caractéristique, *bien que la lumière fût encore absente*, et continuer à se mouvoir selon leur habitude dans l'obscurité »: il en a inféré que ces mouvements sont simplement héréditaires comme ceux des vers de terre. De même encore, si les folioles de certaines plantes s'élèvent ou s'abaissent lorsqu'elles sont exposées à un soleil brillant, c'est, dit DARWIN, « dans le but spécial d'éviter un éclairage trop intense ». « Il est impossible, écrit-il ailleurs, si l'on examine les plantes qui poussent sur un talus, ou au bord d'un bois épais, de douter que leurs jeunes tiges et leurs feuilles ne prennent les positions convenables pour assurer à ces derniers organes l'éclairage le plus complet et les rendre ainsi capables d'opérer la décomposition de l'acide carbonique. » Si la sensibilité géotropique de la plante, localisée dans l'extrémité radiculaire, guide dans le sol la radicelle suivant les lois de moindre résistance, cette sensibilité spéciale éveille bien, chez DARWIN, l'idée d'une comparaison avec les fonctions du « cerveau d'un animal inférieur »: le cerveau, dit-il, placé à la partie antérieure du corps, reçoit les impressions des organes des sens et dirige les mouvements. Il n'en conclut pas plus que STEINER ou EDINGER ne l'ont fait pour le cerveau primitif des Poissons, des Amphibies, des Reptiles, des Oiseaux ou des Mammifères, qu'une « âme » habite l'extrémité radiculaire de la plante. Cette tendance à se mouvoir à certains moments déterminés, même indépendamment de toute modification dans la quantité de la lumière, DARWIN l'attribue, encore et toujours, quoique ces mouvements puissent être parfois extrêmement complexes, à des habitudes héréditaires, nées de variations utiles à la plante et devenues plus ou moins organiques au cours de la lutte pour la vie, par le fait de la sélection, de la ségrégation, etc., comme les mouvements réflexes et automatiques des Animaux.

Quelle est la part de l'intelligence dans tous ces processus psychiques, d'une complexité presque infinie, qui ont assuré, avec la survivance des organismes les mieux adaptés, la perpétuité des espèces végétales et animales? Elle est nulle. Car l'intelligence, entendue, avec MEYNERT, comme la résultante d'images et de concepts associés, n'existe pas encore dans la Plante ni chez l'Animal dépourvu de centres nerveux d'association. « Les Plantes et les Animaux fonctionnent précisément comme des *machines*, a écrit PREYER, parce qu'ils ne peuvent fonctionner autrement, et ils ne le peuvent pas, parce que les conditions externes et internes de la vie ne sont pas autres qu'elles ne sont (1). »

---

(1) W. PREYER. *Éléments d* [illegible] *ologie générale*, p. 285 de notre traduction.

Qu'aucun des processus psychiques observés chez les Protozoaires ne soit conscient, au sens d'intelligent, c'est un point de doctrine inébranlable pour MAX VERWORN comme pour nous-même. L'idée ou la représentation plus ou moins vague d'un moi individuel, condition nécessaire des processus conscients supérieurs, ne peut, en effet, apparaître que lorsque les sensations et les représentations, primitivement inconscientes, de chaque partie d'un corps organisé, sont subordonnées entre elles et rapportées à quelque ordre prédominant de sensations, à un organe moteur et sensoriel (STEINER).

Chez les Protozoaires, aucun organe des sens ne prédomine encore, semble-t-il, et ne concentre, comme en un foyer, les autres modes de sensibilité : il n'existe pas encore d'organoïdes différenciés de sensibilité spéciale, sinon de sensibilité générale. Les sensations et les représentations restent isolées, sans liens associatifs. « Le protoplasma n'a point de *moi* ; il n'est jamais individualisé, et pourtant il vit, » a écrit W. PREYER. Puisque toutes les particules du protoplasma possèdent à peu près la même capacité de sentir et de réagir, il est clair qu'aucune représentation d'ensemble d'un *moi*, quelque fugace et obscure qu'on l'imagine, n'en saurait encore résulter. L'association d'un ou de plusieurs groupes de représentations constitue la pensée. Or, aucun de ces processus psychiques, avec ses manifestations psychiques correspondantes, ne semble exister chez les Protozoaires. Il en est ainsi des mouvements dits de défense, de fuite, de nutrition et de reproduction.

Chez les Métazoaires, la différenciation morphologique et fonctionnelle des parties, réalisée surtout par la division du travail physiologique, a réparti et localisé dans différents organes et systèmes des fonctions psychiques primitivement immanentes à chaque particule du protoplasma des Protozoaires. Ces faits forment en quelque sorte la pierre d'angle de la Psychologie nouvelle.

Chez les organismes les plus rudimentaires comme chez les plus complexes, des Protozoaires aux Métazoaires, on peut diviser en deux ou plusieurs parties l'agrégat psychique : on peut détruire une ou plusieurs de ses parties en laissant subsister les autres. Seulenent, chez les premiers, comme chaque particule du corps cellulaire a ou paraît avoir les mêmes fonctions psychiques que l'ensemble, ces processus ne sauraient présenter les altérations qu'on observe, quant à ces fonctions, chez les organismes à spécialisations et à localisations psychiques très développées. Je dis qu'il faut tenir compte de ces idées, expression suffisamment exacte de nos connaissances sur les organes et les fonctions de la vie psychique dans toute la série des êtres organisés (Protozoaires et Protophytes, Végétaux et Animaux).

Les faits d'observation et d'expérimentation (1) prouvent, en tout cas, que, contrairement aux idées reçues sur la nature de l'âme, l'unité des fonctions psychiques n'existe jamais ni à aucun degré, car l'apparition successive, au cours de l'évolution, des organes et appareils de centralisation, de coordination et de localisation, de plus en plus différenciés, n'a pu et ne pourra jamais réaliser qu'un semblant d'unité. Même indépendamment des faits d'arrêt partiel de développement du système nerveux central, des porencéphalies, des lésions destructives circonscrites du cerveau, dues à la maladie, aux traumatismes ou aux vivisections, un grand nombre d'états mentaux, dans les psychoses et les névroses, dans l'hystérie surtout, semblent reposer sur une dissociation ou désagrégation mentale (2).

Forel étend l'existence de la conscience, non seulement à notre cerveau, mais aussi à toutes les autres parties de notre système nerveux, lesquelles nous sont aussi bien subjectivement que fonctionnellement inconnues. Notre conscience ordinaire, celle de la veille, n'est qu'une conscience supérieure : voilà tout. Mais la conscience serait une propriété générale des neurones vivants, et partant du système nerveux de tous les animaux. Il en a conclu naturellement que, dans l'évolution phylogénique des Animaux, l'activité plastique de l'intelligence doit avoir été primitive, l'activité automatique secondaire.

---

(1) V. plus haut, p. 804-5, 819, 828, etc.

(2) Phylogénie de l'âme humaine. Les fonctions physiologiques de l'organisme dont l'ensemble constitue notre notion d'« âme » ou d'activité psychique, s'accomplissent chez l'homme par les mêmes processus mécaniques (physico-chimiques) que chez les autres vertébrés. Ici et là les organes de ces fonctions, — des fonctions psychiques, —, sont les mêmes: le cerveau et la moelle épinière, organes centraux, les nerfs périphériques et les organes des sens. Ce qui est vrai du développement lent et progressif de ces *organes psychiques* de l'homme, organes qui ont traversé les états inférieurs qui se retrouvent dans le phyle ancestral de ce vertébré, est également vrai des *fonctions* de ces organes, et partant de l'« âme ».

I. *Arguments anatomiques.* — Le cerveau de l'homme, que l'on considère sa forme extérieure ou sa structure interne, a tous les caractères généraux du cerveau des primates. L'anatomie comparée enseigne la longue série des développements par lesquels cet organe a passé dans les primates. Les anthropoïdes (le chimpanzé surtout) et l'homme possèdent le cerveau le plus développé ; les différences qui existent entre ces cerveaux sont bien moindres que celles que l'on constate entre le cerveau des anthropoïdes et celui des singes inférieurs. L'homme n'a aucun organe spécial du cerveau qui ne se rencontre aussi chez les anthropoïdes. Il y a des différences quantitatives, il n'y en a pas de nature qualitative. Partout les cellules nerveuses constituent les facteurs élémentaires de ces phénomènes.

II. *Arguments ontogénétiques ou embryologiques.* — Chez l'homme, le cerveau et la moelle épinière se développent dans l'embryon tout à fait de même que chez les autres primates et chez les anthropoïdes en particulier. La disposition primitive de ces organes centraux est dans l'exoderme de l'embryon humain absolument comme chez tous les autres vertébrés ; et la formation du canal médullaire, la différenciation caractéristique des cinq vésicules cérébrales, ont lieu d'après les mêmes principes que chez tous les autres crâniotes. Le développement prédominant des hémisphères cérébraux

Ici je me sépare absolument de FOREL pour les raisons que j'ai dites plus haut. Je crois encore, avec FOREL, que, si les phénomènes psychiques qu'il est possible de noter chez les Végétaux sont si peu nombreux, c'est que les Végétaux, n'ayant point de système nerveux, c'est dans les cellules végétales constituant les plantes, bien plutôt que dans la plante entière, qu'il faut chercher à étudier l'individu véritable. Mais, si le monisme peut revendiquer, pour la vie et les propriétés élémentaires de toute vie, la même éternité que pour la force et la matière, il ne suit pas, selon moi, qu'on ait le droit de mettre la conscience au nombre de ces propriétés primordiales qui sont communes aux êtres inorganiques et organiques. Que l'on parle, après HAECKEL, de l'embryon d'âme d'une cellule organique ; soit. Mais rien ne décèle l'existence d'une conscience, quelque rudimentaire qu'elle puisse être, dans l'univers sidéral. De même, aucune conscience centralisée ni dans la vie des Végétaux, ni dans celle des organismes où la division du travail physiologique n'a pas encore déterminé l'apparition d'un groupe de neurones associés.

Ce ne sont même pas les neurones, c'est l'*association* des neurones qui, seule, réalise les conditions d'apparition d'une conscience. Je ne doute pas de la conscience et de la plasticité de l'intelligence des grands Singes anthropoïdes, des Éléphants, des Dauphins, des Lézards, des Oiseaux et des Chiens, voire des Invertébrés, tels que les Fourmis. Mais qu'est-ce

---

(cerveau antérieur) et des hémisphères cérébelleux (cerveau postérieur), qui caractérise la classe des mammifères, se répète également chez l'homme. La différenciation spéciale des différentes provinces du cerveau, des circonvolutions et des scissures de l'écorce grise du télencéphale, suit les mêmes lois dans l'homme que dans les anthropoïdes.

III. *Arguments physiologiques*. — L'activité normale des fonctions psychiques est liée à la structure normale du cerveau : sans cerveau, point de vie psychique pour l'homme. La localisation des différentes fonctions psychiques est établie par l'observation et l'expérimentation. La psychologie comparée démontre que les diverses fonctions dans leurs rapports avec les divers organes cérébraux s'exécutent chez l'homme comme chez les autres mammifères et en particulier chez les singes. La psychologie expérimentale enseigne que les différentes fonctions du cerveau, chez l'homme comme chez les autres mammifères, se manifestent ou sont anéanties selon que l'on excite ou que l'on détruit les organes de ces fonctions.

IV. *Arguments pathologiques*. — L'observation clinique et anatomo-pathologique des maladies de l'encéphale a démontré, de nos jours, que les prétendues « maladies mentales » sont l'effet d'altérations matérielles des diverses parties du cerveau. La destruction pathologique d'un organe cérébral (du fait, par exemple, d'un ramollissement) détermine de nécessité la perte de la fonction correspondante. La dégénération progressive du cerveau dans les affections chroniques de ce viscère permet de suivre la diminution progressive de ses fonctions, puis de constater leur extinction.

Ces arguments, empruntés à l'anatomie comparée, à l'embryologie, à la physiologie et à la pathologie du système nerveux, ne permettent point de douter que la phylogénie de l'« âme » de l'homme ne soit inséparable de celle de ses organes, et surtout du cerveau (*).

(*) ERNST HAECKEL. *Systematische Phylogenie der Wirbelthiere (Vertebrata)*, III, Th. Berlin, 1895), § 449, p. 625.

que ces rares espèces dans le gouffre sans fond du monde des vivants? Une goutte d'eau dans l'océan. Ni les Protozoaires dans leur ensemble, ni les Protophytes, ni les Végétaux, au milieu desquels vivent et passent presque inaperçus sur cette planète les dominateurs conscients des mers, des airs et des continents, n'ont atteint ni réalisé les conditions élémentaires de l'apparition de la conscience. Les fonctions psychiques de ces multitudes presque infinies d'êtres vivants sont, au fond, absolument identiques aux nôtres, puisque les propriétés primordiales du protoplasma sont partout les mêmes. Mais on peut vivre et se survivre dans l'espèce, on peut lutter et vaincre dans le combat de la vie universelle, on peut s'adapter aux milieux, réagir aux excitations internes et externes par des mouvements de défense et de protection apparents, sans qu'aucune lueur de conscience, j'entends sans qu'aucune représentation consciente, ne traverse le protoplasma amiboïde d'un Protozoaire ou d'un Végétal.

Les habitudes ancestrales de ces êtres, ce qu'on pourrait appeler leurs instincts héréditaires, sont nées, nous l'avons dit, des variations utiles acquises mécaniquement au cours des longues luttes pour l'existence; fixées par l'hérédité, elles sont devenues organiques par la sélection naturelle. En somme, Descartes avait raison : tous les êtres vivants ne sont que des automates : son erreur a été de tirer l'Homme de la foule innombrable de ses frères inférieurs. Inconscients ou conscients, les processus psychiques n'en sont pas moins toujours automatiques. La conscience n'ajoute rien, quand elle existe, à ces processus, pas plus que l'ombre au corps. Si la sensation et l'intelligence qui en résulte, quand les appareils des sens et les organes psychiques ont apparu, ne sont, comme la vie elle-même, qu'elles servent en partie à définir, que des forces naturelles, elles ne sauraient se soustraire aux lois d'airain du déterminisme universel.

Si les processus de l'intelligence, même la plus haute et la plus différenciée, ne sont pas, comme les mouvements d'un Mollusque, susceptibles d'être déterminés, soit avec nos méthodes actuelles, soit à l'aide de méthodes futures plus perfectionnées, bref, s'ils échappent au nombre et à la mesure, ils ne sont pas objet de science, et Kant a raison contre Herbart et Fechner, qui répétait que « la Psychologie ne pourra jamais s'élever au rang d'une science naturelle exacte » : il n'y a point de Psychologie. Il y a, au contraire, une Psychologie, si l'activité de l'intelligence, comme celle de toutes les autres fonctions des êtres organisés, se ramène, avec la Physique et la Chimie, à la Mécanique. L'unité suprême de la nature a sa plus haute expression dans l'unité de la science. Il n'y a pas deux Mécaniques, une Mécanique céleste et une Mécanique cérébrale; [illegible]imies, une Chimie inorganique et une Chimie organique; deux

Physiologies, non plus que deux Psychologies, l'une pour les hommes, l'autre pour les Végétaux et les Animaux. Partout éclate, avec l'infinité de la causalité, la continuité des phénomènes naturels.

Si l'on connaissait mieux les éléments de la Mécanique moléculaire, les phénomènes les plus délicats des formes supérieures de la vie, les phénomènes d'innervation eux-mêmes pourraient être représentés par quelque formule d'ordre cosmologique, car les diverses actions nerveuses, les sensations, les images et les idées, ne sont, considérées objectivement, que des systèmes de mouvements. Mais les sciences de la vie sont encore très loin de la perfection relative à laquelle sont déjà arrivées quelques sciences, telles que l'Optique, et la théorie des mouvements cellulaires est infiniment moins avancée que celle des ondulations de l'éther.

On ne saurait nier que les vues de quelques biologistes contemporains, tels que Haeckel et Forel, n'aient failli ramener, en invoquant je ne sais quel panpsychisme, à des vues tout à fait erronées sur les fonctions du protoplasma vivant chez les êtres unicellulaires ou pluricellulaires dont les parties ne se sont pas différenciées en tissus, en organes, en appareils nerveux centralisés. Il est probable que le sentiment et d'eux-mêmes et du monde que peuvent posséder ces organismes élémentaires est tellement vague et obscur que rien ne justifie, sinon le principe même de toute intelligence scientifique des phénomènes psychiques de la vie, les rapprochements et les comparaisons anthropomorphiques de ces savants.

L'intelligence, telle que nous la connaissons, implique, en effet, des organes dont la complexité puisse rendre compte des opérations si élevées et si étendues d'où sont sortis, avec le langage, les sciences et les arts. Mais où commence, où finit l'intelligence, si, par ce mot, on entend la capacité, pour la matière vivante, pour le protoplasma, soit amorphe en apparence, soit différencié en tissus, par suite de la division du travail physiologique, de *fixer* et de *conserver*, sous forme de traces, signes ou symboles, les événements passés ; si l'on admet l'existence, au sein de ce protoplasma, d'une mémoire d'adaptation, toujours plus discrète et plus présente par la continuité et la répétition de ces mêmes événements, d'où résulte l'établissement de conditions plus ou moins variables, en accord avec le milieu interne et le milieu externe ? Que cette mémoire des protoplasmas végétal et animal existe, personne ne le met en doute. Mais comment savoir si elle est ou non accompagnée d'une conscience quelconque, de cette conscience même, si elle existe, dont nous ne pouvons avoir nous-mêmes aucun sentiment, et cela dans notre propre organisme, puisque l'écorce cérébrale ne peut « connaître » que très indirectement,

et seulement par ses effets, *ce* qui se passe à cet égard dans les ganglions spinaux et dans ceux du grand sympathique, dans les centres nerveux de la moelle épinière et du bulbe, des noyaux gris sous-thalamiques et sous-corticaux ?

Au moins, toutes les fonctions organiques, celles des muscles lisses et celles des muscles striés, des sécrétions des glandes, voire des échanges matériels et gazeux, sont-elles représentées dans le cerveau antérieur. Comment l'intelligence serait-elle la fonction exclusive de l'écorce cérébrale ? L'anatomie démontre que cet organe est un condensateur général de toutes les énergies psychiques qui, dans certaines limites, appartiennent en propre, avec les autres propriétés biologiques, à tous les éléments anatomiques, libres ou fixés, des tissus vivants.

Il me semble que si nous appliquons aux Végétaux, aux Invertébrés et aux Vertébrés les règles du raisonnement analogique qui sont l'unique fondement de notre croyance en la sensibilité et en l'intelligence de nos semblables, nous ne saurions échapper à la nécessité, d'ailleurs purement logique, d'admettre que le monde est représenté à tous les degrés dans ces monades appelées cellules vivantes qui, isolées ou associées, constituent les éléments mêmes et comme les matériaux et le substratum animé de toute vie psychique, si celle-ci, enseignait Meynert, est toujours réductible à la sensibilité, simple mode de l'irritabilité manifestée par tous les corps naturels sous l'action des forces cosmiques.

Je ne saurais donc dire où commence ni où finit l'intelligence dans la nature. On sait mieux en quoi elle consiste et quelles sont ses conditions d'existence. A cet égard, il est certain que le panpsychisme a erré *toto cœlo* lorsqu'il a cru retrouver, chez des êtres dénués d'organes et d'appareils de raisonnement (ainsi que Meynert appelait les cerveaux), des passions, des sentiments et des pensées qui, chez l'homme et les mammifères supérieurs, accompagnent toujours certains ordres définis de représentations mentales.

Mais, s'il existe autant de sortes d'intelligences que de systèmes nerveux centralisés, les semences mêmes et comme les rudiments de l'intelligence doivent aussi se trouver dans les organismes où des modes ultérieurs d'évolution du tissu nerveux ne se sont pas réalisés, parce que des conditions d'adaptation, plus simples, plus adéquates, et bientôt trop solides pour être changées, se sont établies de bonne heure. Ces êtres-là, qui sont l'immense majorité des vivants sur cette planète, n'ont pas d'intelligence à coup sûr comparable à celle des Singes anthropoïdes ou de l'Homme, ce qu'implique suffisamment l'énorme diversité du degré de complexité des rouages de ces machines : ils doivent cependant posséder une intelligence.

Le grand problème de la vie, et partant de la sensibilité et de l'intelligence, n'est même pas là. Les substances albuminoïdes qui constituent fondamentalement le protoplasma animal étant réductibles à quelques corps qui se trouvent dans l'air, l'eau et la terre, c'est-à-dire dans les milieux où la vie s'alimente comme une flamme, et dans lesquels elle doit s'être allumée, — comment ces éléments, et les éléments de ces éléments, les particules ultimes de la matière qui réagissent d'une manière si sensible à l'attraction, à l'affinité et aux forces connues de la nature, comment ces « êtres », les seuls qui existent probablement par soi et pour soi de toute éternité, ne participeraient-ils dans aucune mesure à ces propriétés que manifestent les êtres animés ? Si une combinaison d'éléments chimiques fait apparaître des propriétés qui étaient inconnues dans ces éléments considérés isolément, on ne peut pourtant pas croire qu'il y ait eu création véritable, à aucun degré.

Voilà les racines d'une Psychologie qui, pour avoir été déjà pressentie en cristallographie, n'en demeure pas moins toujours fort obscure. Qu'on prenne garde qu'elle n'est, à l'instar de la psychologie des mammifères eux-mêmes, qu'une notation des réactions des êtres au milieu, dans des conditions dont le déterminisme scientifique constitue l'unique fondement de la connaissance qu'il nous est possible d'en acquérir. Là, pas plus qu'ici, rien, sinon un raisonnement analogique, ne nous incline à croire qu'à des changements externes correspondent ou peuvent correspondre des états internes de nature psychique, et que les actions sont des réactions, c'est-à-dire la suite nécessaire de sensations ou de perceptions. Toute discussion relative à la nature de ces sensations, voire au degré de conscience dont elles pourraient être accompagnées, nous semble actuellement sans utilité. La conscience, même pour les processus les plus élevés du cerveau de l'homme, ne change certainement rien au mécanisme et à la production des phénomènes mentaux. Ajoutez qu'il faut toujours admettre la possibilité d'existence d'une sensation consciente pour soi, par exemple celle d'une cellule ou d'un groupe de cellules d'un ganglion spinal, qui ne l'est pas ou ne peut l'être qu'indirectement pour nous, c'est-à-dire pour l'écorce cérébrale.

On n'entrevoit donc pas de limites à ces processus élémentaires, dont la vie psychique des organismes les plus différents n'est qu'une somme essentiellement variable et mobile, qui se compose et se décompose à chaque instant, durant toute la durée des organismes. Seul, l'aspect qualitatif de ces processus est aperçu directement par la conscience, quand elle existe, et c'est par une pure induction logique, par une hypothèse de la raison, que les qualités sont considérées comme variant avec les conditions quantitatives, à jamais inconnaissables en soi, du milieu interne et

du milieu externe. Si l'on sépare, a dit Lewes, l'aspect quantitatif de l'aspect qualitatif des phénomènes, l'objectif mécanique du subjectif psychologique, on a recours à un artifice logique, indispensable à la spéculation scientifique, mais ce n'est qu'un artifice. Les relations mécaniques ne sont pour nous, en effet, comme toutes les autres relations, que des modes de sensation, et leur objet n'est qu'idéalement détaché du sujet. Tout ce qui est en dehors de la sensation est l'inconnue x, simplement nécessaire, à titre de postulat, pour la recherche de la vérité.

FIN

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

de l'incorporel et du corporel, du spirituel et du matériel est étrangère à l'antique philosophie naturaliste des Hellènes. Sentir et penser sont la même chose. La nature de la pensée, résultante de l'organisme, dépend de celle du mélange ou crâse des deux éléments constituant les organes du corps, 35. — Tout ce qui existe sent, perçoit, connaît. Les sens et l'entendement, 36.

EMPÉDOCLE d'Agrigente, 36-47. — Identité de la sensation et de l'intelligence. Condition de la connaissance : le semblable ne peut être connu que par le semblable ; identité ou analogie substantielle du connu et du connaissant, 36-37. — Doctrine des quatre éléments, incréés, impérissables, éternels. Rien ne vient de rien, 38. — Tout, à l'exception des éléments, même les dieux, est soumis à la naissance et à la mort. Les quatre phases du circulus cosmique. Etat primitif d'indifférence (*sphaerus*) ; désintégration et intégration périodiques sous l'action de deux forces cosmiques antagonistes, 38-39. — Hypothèse moderne de l'attraction et de la répulsion. NEWTON, KANT, 39. — Il n'y a que mélange et séparation des éléments. Genèse ou évolution des organismes. Concurrence vitale et sélection naturelle. Adaptation. Charles DARWIN, LAMARCK, DÜHRING, 40-43. — Critique générale par ARISTOTE du transformisme des anciens physiologues et en particulier de l'hypothèse de la segmentation du rachis en vertèbres, 42-43. — Causes actuelles et causes finales. Hylozoïsme d'EMPÉDOCLE. Toutes choses sont douées d'intelligence. Point de distinction d'esprit et de matière, d'âme et de corps, 43. — Le sang : l'intelligence y a son principal siège, surtout le sang du cœur, foyer principal de la vie, 44. — La nature du caractère et de l'intelligence dépend de celle du mélange des éléments ou de la constitution du corps. Idiotie, imbécillité, folie. Physiologie des organes des sens. Rapports de la respiration et de l'olfaction. Audition. Vision. Sens des couleurs. Animaux diurnes et nocturnes, 45. — Critique de l'optique d'EMPÉDOCLE par ARISTOTE, 45-46. — Les fonctions des sens, l'intelligence et la température du sang. Le sommeil. Le plaisir et la douleur. Théorie de la connaissance. Etroites limites imposées à la science de l'homme, 47.

ANAXAGORE de Clazomène l'Athée, 47-58. — Cosmologie. Les semences ou germes des choses (homœoméries). La somme des éléments éternels demeure constante dans l'univers. Affinité des corps à parties similaires. Agrégation et désagrégation. Rien ne naît ni ne périt en réalité ; la production d'une chose résulte d'un mélange des éléments, sa fin de leur désagrégation. Hylozoïsme. L'Intelligence cosmique, substance étendue, pénétrant les êtres et les choses à la manière d'un fluide, cause motrice de l'univers. Point de cause finale, 48-49. — Critiques de SOCRATE, PLATON, ARISTOTE, DÜHRING, 50. — Origine des plantes et des animaux. Génération spontanée, 51-52. — Organes périphériques des sens et organe central des perceptions : le cerveau, station terminale de cet ordre de processus. Théorie des sensations. Le semblable ne saurait être affecté par le semblable, mais le contraire par le contraire. Toute sensation est une altération du sujet, une souffrance, une douleur (sommation des excitations), 53 ; 221. —Respiration des poissons. La bile et les maladies aiguës. Théorie du sommeil, 53-54. — Fonctions psychiques des végétaux, 55. — L'homme est le plus intelligent de tous les animaux parce qu'il a des mains. Critique d'ARISTOTE, 55-56. — Phénoménisme d'ANAXAGORE. Nature de la science, 57-58.

DIOGÈNE d'APOLLONIE, 58-71. — Conception hylozoïste de l'univers. ANAXIMÈNE. De l'air, principe des choses, substance de l'univers éternel, tout est sorti par condensation et raréfaction (terre, eau, feu, etc.), processus constituant la cause motrice du monde, 59-61. — Diversité des intelligences correspondant aux différentes sortes d'air, c'est-à-dire aux différents états de ce corps simple, 62-63. — Cosmologie. Génération spontanée des plantes et des animaux. Transformisme, 64. — Unité de substance, 65. — Unité de l'esprit et de la matière, 66. — Respiration des minéraux, des végétaux et des animaux, 67. — Animation du nouveau-né ; l'air vital, mêlé au sang, plus chaud et plus sec que celui de l'atmosphère, 68. — Description anatomique du système cardio-vasculaire, 68-69. — Rapports du sommeil et de la mort avec l'aération du sang circulant dans les veines. L'encéphale, siège des sensations, 70. — Plaisir et douleur ; émotions et affections morales. Sommeil, ivresse, digestion laborieuse. Les maladies mentales suite de la surabondance de l'humide et du dense sur le sec et le chaud. Nature de l'intelligence de l'enfant, des quadrupèdes, des oiseaux, des poissons, des végétaux, 71.

DÉMOCRITE d'Abdère et l'Atomisme, 72-101. — Matérialisme de DÉMOCRITE et immatérialisme de BERKELEY, 73. — Constitution de l'être ou de la matière, 74. — LEUCIPPE. L'atome et le vide. Les schémas. Critique de DÜHRING, 75. — Critique d'ARISTOTE, 76. — Les plantes et les animaux sont nés spontanément du limon de la terre, 77. — Le mouvement des atomes dans le vide n'a jamais commencé ; chute verticale des atomes. La pesanteur, unique force motrice de l'univers. Les tourbillons de matière cosmique, origine des mondes innombrables 77-78. — Propriétés objectives ou primaires des corps. La forme ou la figure des atomes, leurs modes d'agrégation et leur situation dans l'espace. Schémas atomiques absolument irréductibles aux sensations (vue, ouïe, etc.) résultant de ces constructions géométriques et de ces événements mécaniques, 79. — LEUCIPPE et DÉMOCRITE et la théorie de l'évolution mécanique de l'univers de KANT et de LAPLACE, 79-80. — Principes de la physique, de la chimie et de la biologie modernes, 81. — C'est par l'échange de matières qu'exige la respiration que s'entretient la vie, l'âme ou l'intelligence des animaux et des végétaux. Atomes vitaux et atomes psychiques, de même nature que le feu. Rapprochés par DÜHRING de ceux de l'oxygène atmosphérique. Chaleur et lumière, 82-83. — Le siège de la pensée est dans le cerveau, ceux de la colère et du désir dans le cœur et dans le foie. Notions anatomiques sur le cerveau, les méninges, les os du crâne, 83-84.

cou et dans certaines affections de l'intelligence : ce n'est qu'alors que les fonctions du *sensorium commune* sont suspendues. Autrement, pendant le sommeil comme dans la veille, les mouvements externes ou internes, causés par les sensations, se portent au *sensorium commune* (au cœur) et les songes apparaissent, 163. — Explication des illusions des sens pendant la veille. Les résidus des sensations sont les conditions de ces mouvements « imaginaires », c'est-à-dire capables de produire les images du rêve : comparés aux mouvements des grenouilles artificielles, 163-4. — Définition du rêve, 164. — Le sommeil ressemble à l'épilepsie : c'est une manière d'attaque d'épilepsie, 165 ; 246. — Brown-Séquard, Ogle sur la théorie du sommeil d'Aristote, 165. — Résumé des idées d'Aristote sur la vie, la sensibilité et l'intelligence, 165-7.

Théorie de la connaissance. — Matière et forme, 168-175. — Point de matière sans forme ni de forme sans matière. La matière des corps vivants possède à l'état latent l'aptitude à vivre ; la forme ou l'âme qui actualise cette matière est son entéléchie ; elle en est aussi inséparable que la vision de l'œil, 169 ; 186. — Fonctions psychiques de la vie — âme trophique, sensitive, motrice, noétique — dans les végétaux et les animaux. Aucune des âmes n'a d'existence distincte ou séparée des corps vivants (à l'exception peut être, par hypothèse, de la dernière), 170. — Croyance à la réalité et à l'objectivité des perceptions sensibles. L'objet sensible est antérieur à la sensation, 171-2. — Les idées générales, les universaux, dérivent de l'induction et celle-ci de la sensation ; les connaissances des principes viennent uniquement de la sensation : les sens sont donc la source unique de toute connaissance, 171-173. — La sensation est une sorte d'altération de l'être sentant, 172. — L'animal venant à disparaître, il n'y aura plus de science, mais les choses susceptibles d'être sues n'en existeront pas moins. De même pour les objets des sensations, 172. — Si quelque sens fait défaut, quelque connaissance manque également, 173. — Hiérarchie des sciences. L'expérience, principe de toute science. Définition de l'hypothèse. Méthode analytique. Méthode historique ou du développement. Application de ces méthodes à l'étude des êtres vivants, des parties externes de l'homme à celles des autres animaux ; des parties des animaux à celles de l'homme, 174-5.

La nature et la vie, 176-195. — Tout vient de tout, mais tout corps simple possède et conserve son mouvement naturel. Les quatre corps simples, feu, air, eau, terre, de mouvement rectiligne, et le cinquième élément, l'éther, qui se meut circulairement, 177 ; 199-200, 247. — Eternité de l'univers en mouvement ; point d'âme du monde, 178-180 ; 244. — Origine, selon l'auteur hippocratiste du traité des « Chairs », des membranes, des os et des tendons, 179. — Vie des astres rapprochée de celle des plantes et des animaux, 181. — L'idée de loi de la nature chez les anciens, 181-2. — Point de hasard. Eternité de ce qui existe nécessairement. Les êtres dont la génération résulte, comme celle des animaux, de corps animés de mouvements en ligne droite, et dont la substance est par conséquent corruptible, meurent individuellement et ne persistent que dans l'espèce, tandis que les corps mus d'un mouvement circulaire, comme les astres, persistent individuellement de toute éternité, 182-3 ; 217, 243. Différence de la conception génétique chez les anciens et les modernes, 183, 187. — Le principe de continuité. Idée des perceptions insensibles, 184-5. Médecine et sciences de la nature, 186. — Gradation continue par laquelle les êtres s'élèvent des formes inférieures aux formes supérieures depuis les objets inanimés jusqu'aux végétaux et aux animaux, 187-9. — Dans la nature, rien d'isolé ni de décousu, comme dans une mauvaise tragédie, 187. — Génération primitive de l'homme et des quadrupèdes ; ils se sont développés de larves, 188. — Les propriétés psychiques, plus développées chez l'homme, existent, identiques, semblables ou analogues, à des degrés différents dans le reste des animaux ; l'âme de l'enfant ne diffère en rien de celle des brutes, 189 ; 237 sq. — Les germes et les embryons ont d'abord l'âme nutritive, comme les végétaux, puis l'âme sensitive, constitutive des animaux, etc. L'être possède toutes ces âmes en puissance avant de les avoir en réalité, 189-190. — La nature immanente du germe est analogue, non au feu, mais au cinquième élément, l'éther, appelé « divin » par les anciens hommes. D'autres animaux, en particulier les abeilles, participent ainsi du « divin », 191. — La nutrition, seule faculté de l'âme des plantes (âme végétative), principe commun et nécessaire de tous les êtres vivants, peut exister isolée de tous les modes de sensibilité, 192 ; Aristote signale pourtant des phénomènes de sensibilité générale chez les végétaux. « Théorie des Plantes ». Modes de génération des plantes et des animaux. L'humide produit et entretient la vie, non le sec. Génération spontanée des Végétaux, des Insectes, des Testacés, des Poissons, etc., 192-194. — Les Eponges sont des animaux ; sensibilité comparée des diverses espèces d'Éponges, 195.

Physiologie expérimentale. — Anatomie et physiologie comparées, 195-211. — Dissections. Reptiles : le caméléon, 196-7 ; les tortues, 197-8. — Insectes : guêpes et abeilles. Végétaux, 198. — Les animaux dont les tronçons survivent à la division expérimentale doivent être considérés comme plusieurs animaux soudés ensemble. Animaux dont l'organisation est au contraire essentiellement « une » ; leurs parties séparées du corps ne laissent pas de conserver quelque sensibilité propre. Survie à l'ablation des viscères et du cœur, 198-199. — Organes qui repoussent ou non suivant l'âge des animaux (oiseaux, serpents), 199. — La chaleur animale : aucun moyen alors connu de la mesurer, 200. — Absence de tout instrument de précision pour déceler ou mesurer des quantités minimes de substance, 201. — Ni collections d'histoire naturelle, ni jardins zoologiques, 202-3. — Aristote n'a jamais autopsié un cadavre d'adulte ni peut-être étudié un squelette humain, 203 ; 208. — Les atlas d'anatomie normale, 204. — Le traité des « Parties des Animaux », un des premiers essais pour fonder la biologie sur l'anatomie comparée. Le traité de la « Génération des animaux », assise solide des

faires moteurs des muscles, 309. — GALIEN témoigne avoir le premier exposé l'anatomie des nerfs. Paralysies flasques des myélites transverses, 309.

Contemporains et successeurs de Galien, 311-327. — ARÉTÉE de Cappadoce. Aucune connaissance directe de la structure des centres nerveux : étude exacte des fonctions et description symptomatologique magistrale, 311. — L'épilepsie et les auras épileptiques ; stigmates, attaques ; nature de l'intelligence des épileptiques dans les périodes interparoxystiques, 312. — Traitement de l'épilepsie, 312-313. — Mélancolie. Manie. Etiologie circulaire de ces psychoses. Rire et pleurer spasmodiques, 313-314. — La syncope, affection non du cardia, mais du cœur, siège de l'âme et des facultés de l'âme. Acuité de l'intelligence, lucidité, divination des cardiaques, 314. — SORANUS, 314-315. — CAELIUS AURELIANUS. Le diagnostic topique des maladies du système nerveux, toujours des plus vagues, se perd dans une manière de syncrétisme où les vues et les doctrines antérieures sont rapportées sans critique, 314-315. — THEMISON. ASCLÉPIADE, 315-316 ; 318. — Diagnostic différentiel de l'épilepsie et de l'hystérie, 316. — Localisations cérébrales de POSEIDONIUS ; de NÉMÉSIUS d'Emèse, 317 ; de saint AUGUSTIN ; de saint JÉRÔME ; de TERTULLIEN, 317-319 ; de LACTANCE, 319-321. — Pathologie nerveuse et mentale d'ALEXANDRE de Tralles, 321-322. — ORIBASE. Même réserve que GALIEN, qu'il reproduit, touchant la nature de la substance de l'âme. Enumération des stigmates de dégénérescence (oxycéphalie, plagiocéphalie, ogive du palais, etc.), 323-324. — THÉOPHILE. Anatomie et physiologie du cerveau et de la moelle, 325-327.

MOYEN AGE 329-361

Les doctrines de GALIEN, mieux comprises en général que celles d'ARISTOTE, dominent toute l'anatomie et la physiologie, normale et pathologique, du système nerveux central, chez les Syriens, les Arabes, les Scholastiques et les Ecoles médicales du XVe siècle. Ecole de Salerne. CONSTANTIN l'Africain, 329-337. — ADÉLARD de Bath, 330-331 ; 339-340. — Les médecins arabes : AVICENNE. Nomenclature d'origine arabe des organes du cerveau. Localisations fonctionnelles des ventricules antérieurs, moyen et postérieur du cerveau, 337-340. — GUILLAUME de Conches, 341-345. — ALAIN de Lille, 345-352. — Anthropologie et psychologie comparée du XIIe siècle, 347. — Nature de l'âme des bêtes, 348-350. — Localisations cérébrales : fonctions des ventricules, 351. — GUILLAUME de Saint-Thierry, 352-354. — ALBERT LE GRAND ; sièges des différentes facultés de l'âme, 353-355. — Saint THOMAS d'Aquin, 355. — Médecins et chirurgiens italiens et français des XIIIe, XIVe et XVe siècles, 355-361. — GUILLAUME DE SALICET. Dans la première partie du ventricule antérieur, divisé en deux parties, sont localisés le ***sensus communis*** et la ***phantasia*** ; dans la seconde, l'***imaginatio*** ; dans le ventricule moyen, la ***cogitatio*** et l'***existimatio*** ; dans le ventricule postérieur, la ***mémoire***. LANFRANC, 356. — GUY DE CHAULIAC. Le rets merveilleux, tissu d'artères où l'esprit vital venu du cœur devient l'esprit animal. La moelle dorsale prend son origine du cervelet (parencéphale), 357. — MONDINI, 357. — Réflexion de E. NICAISE à propos des cinq lobes attribués au foie par MONDINI, qui avait ouvert des cadavres. HENRI DE MONDEVILLE. ARISTOTE convaincu d'erreur sur le nombre des sutures du crâne de la femme ; l'atrium de Saint-Innocent où se trouvaient cent mille crânes, 358. — La réalité des sièges ventriculaires des fonctions psychiques, ou centres fonctionnels du cerveau, éprouvée et confirmée par l'observation clinique, 359. — Chirurgie cérébrale. Doctrines de GUY DE CHAULIAC et de LANFRANC sur les altérations de la sensibilité, de la motilité volontaire, de la mémoire et de l'intelligence dans les traumatismes crâniens selon que les parties antérieures ou postérieures de la tête ont été lésées. Cas paradoxal de HUGUES de Lucques rapporté dans la chirurgie de THÉODORIC : destruction du IVe ventricule sans amnésie. Cas de GUY DE CHAULIAC, 359-360. — Cas d'aphasie traumnatique chez NIC. MASSA. Surdité par lésion de la région temporale chez AMBROISE PARÉ, 360-361.

TEMPS MODERNES 363-631

L'anatomie et la physiologie du système nerveux central sont encore au XVIe siècle celles d'HIPPOCRATE, d'ARISTOTE, d'HÉROPHILE, d'ERASISTRATE et de GALIEN, 363.

VAROLI, 363-366. — ARISTOTE et GALIEN conviennent que le ***primum sensorium*** doit être l'origine des nerfs ; mais la dissection apprend que GALIEN a raison contre ARISTOTE : le cerveau, non le cœur, est l'origine des nerfs. La substance du cerveau est humide et molle afin que les impressions s'y conservent ; raison de la couleur blanche du cerveau ; la forme d'anses intestinales des circonvolutions favorise la nutrition de l'organe. Les plexus rétiformes des anatomistes antérieurs sont, non des artères, mais des grappes de glandules appendues comme des éponges aux cavités des ventricules du cerveau ; les ventricules, sortes de réceptacles ou de cloaques où se rassemblent les produits excrémentiels séparés du sang servant d'aliment au cerveau, produits qui doivent être rejetés hors de l'organe. Le cerveau, lieu assigné à la pituite dans les théories humorales d'HIPPOCRATE, que suit VAROLI : c'est dans les ventricules, au nombre de deux (les ventricules antérieurs ou latéraux), et non de quatre, que se collecte d'abord l'humeur pituiteuse distillée du cerveau et descendant par la glande pituitaire et l'infundibulum au palais. Les esprits animaux présidant aux opérations supérieures du cerveau, résident, non dans les cavités ventriculaires, mais dans la substance du cerveau, 365. — La moelle épinière procède du cerveau et du cervelet, 365 ; 443. — Nouvelle méthode de disséquer le cerveau ; origine des nerfs optiques dans le cerveau, la vue, et son acte, la vision, exigeant un organe mou et de la nature de l'eau ; des nerfs acoustiques dans le cervelet, les sons voulant au contraire un

dulaires de la substance grise du cerveau ; la substance blanche formée de tuyaux fort déliés ou nerfs dont le courant, de centrifuge, lorsqu'il découle jusqu'aux extrémités des parties du corps, devient centripète, c'est-à-dire reflue au cerveau, sous l'action de la pression qu'exercent sur les organes les objets extérieurs. Ces ondes de pression du suc nerveux, parties des différents organes périphériques des huit sens, confluent, non dans un ***sensorium commune***, mais à l'endroit du cerveau d'où partent respectivement les nerfs. Mécanisme de la transmission contripète des impressions de la sensibilité générale et spéciale, 453.

Hermann Boerhaave, 453-455. — Le ***sensorium commune*** où aboutissent tous les nerfs des sens et d'où partent les nerfs moteurs, successivement situé dans le centre ovale, dans la voûte, et à l'origine corticale des nerfs ; vivisections de Wepfer.

La Peyronie, 455-457. — Localisation expérimentale du siège de l'âme, c'est-à-dire des sensations et de la raison, et du principe des mouvements volontaires dans le corps calleux. Chirurgie cérébrale. Expériences au cours d'observations cliniques : abolition et retour du sentiment et de la raison par compression du corps calleux, 456. — Question des suppléances cérébrales ; la substance corticale du cerveau, amas de glandes filtrant les esprits, et la substance blanche, constituée par les filets issus de ces glandes, ayant été détruites (blessures, abcès, etc.) sur une certaine étendue, le reste de la substance grise et des tuyaux excrétoires y suppléent, fournissant une quantité d'esprits suffisante pour toutes les fonctions de l'âme et du corps. Deux ordres de voies nerveuses du sentiment et du mouvement, l'une primaire ou centrale, indirecte ; l'autre secondaire ou périphérique, directe, 457.

Lorry, 457-459. — Vivisections à l'effet de découvrir la source du sentiment et du mouvement. Inexcitabilité et insensibilité des substances grise et blanche du cerveau. Les hémisphères ne sont pas plus l'organe du sentiment que du mouvement. Les expériences et les observations, outre le cas du bœuf de Duverney, suffisent pour ruiner tous les raisonnements qu'on avait faits sur les fonctions du cerveau. Procédé de durcissement pour l'étude anatomique du cerveau. Sensibilité de la dure-mère. Ni les hémisphères du cerveau et du cervelet, ni le corps calleux ne déterminent le sommeil, les états de ***sopor*** ou les convulsions, mais la moelle allongée, seul principe du sentiment et du mouvement. La moelle allongée, seul organe actif de l'encéphale, 459.

Haller, 459-463. — Le ***sensorium*** ou siège de l'âme s'étend aussi loin que la moelle du cerveau et du cervelet, origine de tous les nerfs. Anatomie comparée du cerveau et de la moelle épinière chez les poissons, reptiles, oiseaux et mammifères expliquant les doctrines contraires de Praxagoras et de Galien. Inexcitabilité absolue de la substance grise du cerveau ; il est donc impossible que les fonctions de la sensibilité et la cause des mouvements des muscles y aient leur siège ; celui-ci est dans la substance blanche ou « moelle sentante » du cerveau et du cervelet, véritable ***sensorium commune***. Expériences. La sensation résulte d'une pression exercée sur la moelle du cerveau par les esprits animaux mis en mouvement par les objets extérieurs. Point de provinces distinctes affectées dans le cerveau aux diverses fonctions psychiques. Rejet des localisations de Willis, Vieussens, etc. Pour arriver à connaître les fonctions des parties de l'encéphale, disséquer des cerveaux d'aliénés dont on possède l'observation clinique et comparer le cerveau de l'homme avec celui des animaux dont les facultés mentales sont connues. Raison d'être ou fin de la structure variée des circonvolutions du cerveau et du cervelet dans la série animale : l'augmentation de la surface corticale, de celle de la pie-mère et des fibres médullaires. Rapport de la mémoire et de l'entendement avec le volume de la tête dans la série. Hypothèse des empreintes ou vestiges matériels de la mémoire imprimés au cerveau par les sensations. Doctrine opposée de Hartley, de Charles Bonnet, de Reimarus sur la nature dynamique des modifications de la substance médullaire du cerveau, 459-462. — Théorie des vibrations et des vibrationcules des nerfs, pleins, auxquelles correspondent les sensations et les images ou idées ; aux vibrations et aux vibrationcules simples ou associées correspondent les sensations et les idées simples ou associées. L'état mental appelé volonté, somme de vibrationcules composées, 463. — David Hume, 463. — Les mouvements des esprits animaux et le mécanisme de l'association des idées. Erreurs et sophismes résultant de ce que les esprits au lieu de repasser par les mêmes traces et d'aller ébranler la cellule où siège l'idée s'égarent sur des traces contiguës et éveillent d'autres idées situées à proximité, 463-464. — Toutes nos perceptions dépendent de nos organes, de la disposition des nerfs et des esprits animaux. Le mouvement, cause de la pensée. Psychologie comparée : les animaux doués comme l'homme de pensée et de raison. Dressage des animaux aux actions les plus contraires à leurs instincts naturels. Nature des inférences des animaux fondées sur des expériences. La croyance, 465. — Psychologie comparée, Réaumur, Trembley, Condillac. Langage et raison des animaux. L'instinct, habitude privée de réflexion, acquis en réfléchissant. Nous jugerions aussi sûrement, si nous jugions aussi peu que les bêtes. La sensation, origine commune de l'entendement et de la volonté, deux termes abstraits pour classer les opérations de l'intelligence, 465.

Georges Prochaska, 465-474. — Résumé de l'histoire des théories de l'origine et de la nature des fonctions psychiques, 466-467. — Traditions d'Hérophile et de Galien. C. Bartholin et le ***calamus scriptorius***, 466 ; 551 ; 568. — Contre la doctrine d'Erasistrate sur les fonctions des circonvolutions ; fin et usage des plis de l'écorce, servant à loger les vaisseaux du cerveau. Fonctions différentes du cerveau et de la moelle. Bauhin, Jean Riolan contre C. Hoffmann. Wepfer. Fin de la doctrine de la génération et de la conservation des esprits animaux dans les ventricules. Conrad

V. Schneider. Fin de la doctrine du siège de l'olfaction dans les ventricules antérieurs. Fin de l'hypothèse des esprits animaux, encore défendue par Boerhaave, Haller, Tissot. Transformation de cette doctrine en celle de la force nerveuse. Unzer. G. Prochaska : explication, sans aucune hypothèse, mais uniquement tirée des faits d'observation, des fonctions du système nerveux par la méthode inductive ou newtonienne. La *vis nervosa*, cause inconnue des effets observés dans l'étude du système nerveux comme la *vis attractiva* est la cause inconnue de l'attraction. De la connaissance des effets de cette cause, c'est-à-dire des fonctions du système nerveux, doit résulter la connaissance des lois de ces phénomènes naturels, 467. — Engendrée, non pas seulement dans le cerveau, mais dans le système nerveux tout entier comme dans chaque nerf, par les phénomènes de la vie (air, sang, échanges de nutrition), la force nerveuse n'agit que si elle est stimulée à l'activité. Irritabilité des muscles et sensibilité des nerfs. Propagation du courant nerveux dans les deux sens. Le cerveau, organe des sensations. La sensation a lieu avec ou sans conscience, 468. — Siège et fonctions du *sensorium commune* où se terminent les nerfs de sensibilité, d'où partent ceux du mouvement, encore localisé par Camper dans la glande pénéale, 469-470 ; coextensif à l'origine des nerfs (moelles épinière et allongée, pédoncules cérébraux et cérébelleux, thalamus, etc.). Outre le *sensorium commune*, d'autres centres de coordination motrice au moins pour certains nerfs : les ganglions du sympathique et les plexus nerveux, autant de *sensoria particularia*. Substance grise et substance blanche. Observations microscopiques sur la substance grise cérébrale : pulpe constituée de vaisseaux sanguins extrêmement fins. Nature de la matière de cette pulpe ; Fourcroy. Elle s'organise en fibres dans la substance blanche. Structure fibrillaire du corps calleux, reliant les deux moitiés du cerveau, et du centre ovale. Connexion des fibres du centre ovale avec les corps striés, les couches optiques, les pédoncules. Moelles allongée et épinière Sens externes ; sens internes ; mouvement musculaire ; matière des fonctions psychiques, 471. — Les sens spéciaux, modes de la sensibilité générale ; sensibilité tactile et sensations organiques avec leur ton affectif et émotionnel. Les sens internes, fonctions animales, sont la pensée, l'intelligence, la conscience. L'organe de ces fonctions est le cerveau dans son ensemble. Animaux sans cerveau : automates. Mouvements involontaires ou automatiques « naturels » opposés aux mouvements volontaires ou « animaux ». Mouvements des convulsions hystériques, épileptiques, du fœtus et du nouveau-né, des apoplectiques et des somnambules rapportés à d'obscures sensations et volitions que l'âme oublie aussitôt, 472. — Infidèle à sa méthode, Prochaska n'admet pas que la masse organisée du cerveau suffise à produire la pensée ; force psychique ou âme. La détermination dans le cerveau de la partie qui est l'organe des sens internes résultera de l'observation des maladies mentales et des nécropsies. Clinique et anatomo-pathologie ; doctrines de Morgagni, Lieutaud, Sénac, Sandifort, Portal, Conradi, Reil, Sömmerring, Blumenbach, Ludwig, Haller. Symptomatologie différente, quant aux troubles des sens internes, des lésions cérébrales dues à des compressions brusques, à des hémorrhagies, ou à des compressions lentes résultant d'une hydropisie ventriculaire ou d'une tumeur, 473. — Jos. Baader : mémoire extrait par Farabeuf, traduit par A. Broca, renfermant les principes de la doctrine moderne des localisations cérébrales, 473. — L'expérimentation physiologique appelée, comme la physiologie pathologique, à faire connaître les organes des diverses parties de l'intelligence. Pluralité des organes cérébraux localement distincts, 474.

Vicq d'Azyr, 474-477. — Fonctions automatiques de la base du cerveau ; usages supérieurs de la région plus élevée, de la masse pulpeuse où se peignent et se combinent les images. Substance blanche et substance grise. Quantité de globules irréguliers que laisse paraître l'examen microscopique de la substance cérébrale. Procédé de durcissement. Analyse chimique de Fourcroy. Fonctions connues de l'encéphale et des nerfs, 474-475. — Sensations, mouvements musculaires et sympathies des viscères rapportés à l'action nerveuse Anatomie comparée de l'encéphale dans la série des vertébrés. Développement parallèle des organes et des fonctions, 476. — Vue et odorat. Plus frappé des différences que des ressemblances dans la structure du cerveau. Division de la convexité cérébrale en régions frontale, pariétale et occipitale. Vicq d'Azyr et Erasistrate. Nerfs mous. Point de croisement des nerfs optiques dans le chiasma, si ce n'est chez les poissons ; opinion de Galien, 477. — Jugement de Flourens sur Vicq d'Azyr, 506-507.

Cabanis, 477-478. — Anatomie pathologique du cerveau dans l'aliénation mentale. Sensibilité et sensation. Localisation fonctionnelle d'organes particuliers du cerveau admise comme conséquence des faits de la physiologie normale et expérimentale. Outre le cerveau et la moelle, les organes thoraciques et abdominaux concourent, à l'état normal ou pathologique, aux fonctions de la sensibilité et de la pensée. Relativité de la connaissance. L'essence des choses demeure inaccessible.

Bichat, 478-482. — Les deux vies organique et animale. Toute sensation rapportée au cerveau ou à la vie animale ; toute passion, affection ou émotion aux organes de la vie organique, cœur, poumon, etc. Le siège de la folie localisé dans les viscères. Le tempérament et le caractère appartiennent à la vie organique. Réfutation, par Magendie, de la théorie des émotions de Bichat, 481. — Doctrine des troubles de la perception et des fonctions de l'intelligence résultant de l'asymétrie anatomique et physiologique des hémisphères cérébraux. Expériences sur les effets de l'excitation directe du cerveau et de la moelle épinière. Doctrine de l'indépendance du système nerveux du grand sympathique, « assemblage de petits systèmes nerveux », 482 ; 501 ; 542. — Pinel. Esquirol. Fodéré. Le siège primitif et les causes directes de l'aliénation mentale localisés dans les organes du cœur, des poumons, de l'estomac, du foie et de la rate, etc. Pessimisme et noires vapeurs s'élevant des hypochondres, 482-

483. — Jugement de Flourens sur Bichat, Pinel, Esquirol : ils n'ont jamais osé chercher dans le cerveau la cause immédiate de la manie, de la démence, etc. Le moral de l'homme était séparé en deux tronçons, 507.

Sömmerring, 483-487. — Localisation de l'organe de l'âme ou siège commun de la sensibilité dans la sérosité des ventricules cérébraux. Origine ou terminaison des nerfs crâniens, 483 ; 501 ; les terminaisons centrales de ces nerfs baignent dans le liquide ventriculaire, médium des actions des nerfs, véritable ***sensorium commune*** : nerfs acoustique, optique, olfactif. Expériences de Chladni expliquant comment les mouvements des sons, de la lumière, etc., peuvent être transmis aux nerfs et au liquide des ventricules sans confusion et avec leur forme vibratoire propre. Grandeur comparée des ventricules ; ils seraient plus spacieux dans l'homme ; l'intelligence serait plus remarquable dans les affections où le liquide ventriculaire est augmenté. Opinion contraire de Magendie. Réfutation, 484-485. — Echecs de tous ceux qui ont tenté de localiser le ***sensorium commune*** dans une partie du cerveau. Précurseurs de son hypothèse. Bonne anatomie macroscopique de la face interne du cerveau.

Kant, 485-497. — Réserves de Kant, sollicité de faire connaître son sentiment sur l'existence d'un siège de l'âme dans l'espace. Physiologiquement, l'organe immédiat de l'âme, dans l'hypothèse de Sömmerring, l'eau des ventricules, isolant à la fois les faisceaux des nerfs et assurant la communauté de leurs sensations hétérogènes, doit être une matière organisée. Décomposition chimique de l'eau en deux gaz différents. Hypothèse d'une décomposition chimique ou dynamique de l'eau des ventricules par les terminaisons des nerfs. Fin, après plus de 2.000 ans, d'Hérophile à Kant, de la localisation ventriculaire des fonctions centrales de l'innervation supérieure et du siège de l'âme, 485-487. — Opinions de Kant, sur la localisation, dans la tête et dans le cœur, voire dans l'appareil digestif, des désordres de la connaissance et de la volonté. Confusion ordinaire de la cause et de l'effet dans la pathogénie des affections de l'âme. C'est le corps qui dans la folie souffre primitivement. Ces maladies, pourvu qu'elles ne soient pas héréditaires, peuvent quelquefois guérir ; l'assistance du médecin n'exclut point celle du philosophe dans leur traitement, 488. — Réfutation de l'argument de Mendelssohn en faveur de la persistance de l'âme, 488. — Question du siège de l'âme. « Je suis où je sens. » Aucune expérience ne prouve que le moi indivisible soit renfermé en un point du cerveau d'où il mettrait en mouvement le levier de la machine et serait affecté par le corps. Exemples de lésions destructives de parties considérables du cerveau sans perte de la vie ni des pensées. Cause de l'opinion dominante qui assigne à l'âme pensante une place dans le cerveau : tension des nerfs du cerveau dans une forte application de l'esprit. Importance des sens de l'ouïe et de la vue, localisés dans le cerveau, pour l'acquisition des signes servant aux opérations de la pensée ; l'excitation de ces signes est une stimulation des nerfs à un mouvement semblable à celle de la sensation première ; le tissu du cerveau est donc, dans l'acte de la pensée, obligé de vibrer harmoniquement avec les impressions antérieures ; d'où tension et fatigue cérébrales. Définition du ***sensorium***, 489-490. — Siège de l'âme, d'une petitesse microscopique dans le cerveau ; l'âme y sent comme l'araignée au centre de sa toile ; les nerfs du cerveau l'ébranlent et font que même les impressions des parties les plus éloignées du corps sont perçues et représentées dans le cerveau. De ce siège, l'âme met en mouvement le corps. Le corps de l'animal est une machine où la connexion des nerfs est la condition de la faculté de penser et de vouloir, 490. — Existence probable, mais à jamais hypothétique, d'êtres immatériels, distincts des esprits, inférée de la considération de l'inertie de la matière cosmique et de l'activité propre et autonome des êtres vivants : ***mundus intelligibilis***, 490-491. — Etats internes et représentations obscures postulés pour les parties élémentaires de la matière. Leibnitz. Toute idée d'êtres spirituels ne peut qu'être négative, car il n'existe pas de données positives à cet effet dans nos sensations, 492. — Ignorance nécessaire et insurmontable. Il n'y a de science que des choses sensibles. Idéalisme transcendental ou critique de Kant. David Hume, 492. — Rapport de dépendance du développement de la pensée et des nerfs, 493. — Destination de l'homme en général : croître, se reproduire, vieillir et mourir. La cause de cet état d'infériorité de la nature humaine provient de la grossièreté de la matière et des tissus de notre corps, de la nature de nos nerfs, de l'inertie de leur humeur et de celle des liquides du cerveau. Faiblesse, fatigue et épuisement rapide de l'attention et de la réflexion dans ces conditions ; l'âme retombe bientôt dans l'état de passivité où les sens la gouvernent. Erreurs et vices. Cause et effets de la vieillesse sur le cours des humeurs, l'intelligence et les passions. La nature spécifique de la matière grossière à laquelle est attachée l'âme humaine dépend de la distance où se trouve la Terre par rapport au Soleil. L'homme et sa planète occupent le milieu entre deux extrêmes, entre Mercure et Vénus, Jupiter et Saturne ; le degré de perfection des corps et des esprits augmente de Mercure à Saturne et au delà, s'il s'y rencontre d'autres planètes. Relativité de l'entendement des créatures pensantes. Planètes où un Hottentot serait un Newton, et où un Newton serait un singe, 493-494. — La psychologie ne peut être qu'une anthropologie. Impossibilité absolue de savoir si, dans l'hypothèse de deux substances spécifiquement différentes, le corps et l'âme, l'âme séparée du corps après la mort peut continuer à vivre comme esprit, c'est à dire à sentir, à penser et à vouloir avec conscience de soi et de ses représentations. La preuve de l'immortalité de l'âme est tout à fait impossible à donner, car nous n'avons aucune expérience, et par conséquent aucune connaissance, de ce que nous pourrons être ou faire après la mort, 494-495. — Le crâne de Kant ; poids, structure et constitution des os. Capacité et mensurations. Caractères anthropologiques. Arcs frontal et pariétal. C. Kupffer et Bessel Hagen, 495-496.

GALL et SPURZEIM, 497-516. — Départ de Vienne (1805). Démonstrations publiques du cerveau en Europe (1806-7). Littérature sortie de ce mouvement. Examen de la doctrine ; BISCHOFF : HUFELAND. Mémoire présenté à l'Institut (1808). CUVIER rapporteur de la commission. Opinions contemporaines sur la nature des hémisphères du cerveau et du cervelet dont l'écorce passait pour un organe de sécrétion glandulaire dont les nerfs ou vaisseaux excréteurs déversaient les produits dans l'économie. Les circonvolutions des hémisphères et les ventricules, 499-500. — Recherche du siège anatomique de l'âme dans le cerveau. Protestations de LAMARCK contre les termes du rapport de CUVIER à propos de la fiction d'un esprit dont l'existence inconnue ferait des fonctions du cerveau des fonctions d'un ordre tout différent de celui des autres organes : hypothèse aussi arbitraire que celle des catastrophes universelles pour répondre à certaines questions embarrassantes de la géologie. L'étude des idées et de l'intelligence, faits d'organisation, appartient au zoologiste, 500. — Rôle des ganglions de la substance grise, origine ou matrice nourricière des nerfs, organes de renforcement et de modifications physiologiques, dans la série des invertébrés et des vertébrés, 501-502. — Ordre de projection terminale de tous les systèmes nerveux inférieurs dans les circonvolutions du cerveau et du cervelet. Méthode nouvelle de dissection du cerveau (de bas en haut). Loi de l'accroissement des faisceaux médullaires. Rechercher les conditions naturelles des phénomènes en physiologie normale et pathologique, non les expliquer, 502-503. — « Décentralisation » des centres nerveux ; réaction contre les préoccupations des anatomistes et des physiologistes relatives à la détermination circonscrite d'un siège de l'âme. Le « matérialisme » de GALL. NAPOLÉON Ier contre GALL. « J'ai beaucoup contribué à perdre GALL. » CORVISART. Ce qu'aurait dû faire NAPOLÉON pour rendre les fonctions de l'âme indépendantes de l'organisme. Persécutions antérieures de la cour et du ministère de Vienne, 503. — *Lettres* de CHARLES VILLERS à G. CUVIER. BÉRANGER, GALL et MALTHUS, 504. — Rapports de la physiologie et de la pathologie avec l'anatomie du cerveau. La volonté et la pensée inséparables de leurs conditions matérielles, 504-505. — Revendications anatomiques, 506. — Mot de FLOURENS voyant pour la première fois GALL disséquer un cerveau. La lumière devait venir de GALL ; vraie dissection des fibres. BROUSSAIS et SPURZHEIM. LEURET. GALL, ramenant le moral à l'intellectuel, localisa les passions et l'intelligence dans le cerveau. Siège de la folie : le cerveau, non la poitrine, les entrailles et le bas-ventre. Révolution dans l'étude et le traitement des maladies mentales, 507-508. — Le cerveau et le crâne. Les différentes formes du crâne (protubérances ou dépressions) révèlent le développement correspondant soit de l'encéphale entier, soit de ses parties, le crâne se moulant sur le cerveau. Craniologie et organologie cérébrales. GALL localise toujours dans les circonvolutions cérébrales le substratum des fonctions, ou forces morales et intellectuelles fondamentales, 509. — Critique de l'organologie, 510 ; 513. — Invariabilité et effets nécessaires de l'organisation cérébrale, 511. — La démocratie ; les institutions sociales et les dispositions naturelles de la race et de l'individu. Impuissance et néant de l'éducation. Fonctions et organes. Prédisposition organique aux délits et aux crimes. Criminels et aliénés. Instincts et penchants innés irrésistibles inhérents à l'organisme décelés par leurs organes étudiés dans les asiles, les hospices de sourds-muets, les maisons de correction et les prisons. Point de remords chez les criminels, 512-513. — Les anciennes facultés de l'âme, la mémoire, l'imagination, la raison, le jugement, la volonté, etc., mots abstraits, ne sont que des attributs communs à toutes les forces fondamentales des organes cérébraux, dont chacun a son entendement propre, sa mémoire, son imagination, sa volonté, etc. Doctrine de la pluralité des mémoires ; autant de mémoires que d'organes cérébraux. Les émotions et affections ne sont aussi que des états d'un organe ou de l'ensemble des organes cérébraux. La liberté morale n'est qu'une illusion, 513-514. — Circonvolution du cerveau où GALL localisait l'organe particulier du langage articulé, dérivé du langage des gestes ou de la mimique. — Survivance des doctrines organologiques ou phrénologiques de GALL chez quelques physiologistes et aliénistes contemporains touchant le siège des appétits et des instincts animaux, des facultés intellectuelles et de la raison, etc., dans les parties postérieures et pariétales et dans les parties antérieures du cerveau, 514-515. — Organisation cérébrale de l'homme et de la femme. Fonctions du lobe frontal (HITZIG, FERRIER, WUNDT, BIANCHI). AUGUSTE COMTE. BÉRAUD et CH. ROBIN. Classification des hommes en occipitaux, pariétaux, frontaux. LACASSAGNE. Division des héréditaires dégénérés de MAGNAN : spinaux, spino-cérébraux postérieurs, antérieurs, etc, 515-516.

LOUIS ROLANDO, 516-518. — Les opérations cérébrales normales et pathologiques ramenées aux mouvements des fibres médullaires du cerveau. Les perceptions, la sensibilité morale et l'intelligence localisées dans la moelle allongée, *sensorium commune*. Physiologie du cervelet, organe moteur au service de la volonté, moteur électrique de la machine animale, comparé à une pile de VOLTA ; le fluide qu'il sécrète ou force nerveuse transporté aux muscles par les nerfs servant de conducteurs, analogue au fluide galvanique. Paralysie et affections spasmodiques, suite des lésions destructives ou irritatives, uni ou bilatérales, du cervelet et de la moelle allongée. Expériences et observations cliniques sur le cervelet. Jugement de LUCIANI sur la physiologie du cervelet de ROLANDO. Critiques de FLOURENS et de MAGENDIE, 518 ; 531.

FLOURENS, 518-522. — L'art des expériences. La méthode isolatrice. Trois propriétés du système nerveux : l'intelligence (percevoir et vouloir) dans les lobes cérébraux, la sensibilité (recevoir et transmettre des impressions) dans les faisceaux postérieurs de la moelle épinière issus des racines spinales postérieures, l'excitabilité (exciter immédiatement la contraction musculaire) dans les faisceaux antérieurs de la moelle épinière et ses racines antérieures. Le cervelet coordonne les mouvements voulus

483. — Jugement de FLOURENS sur BICHAT, PINEL, ESQUIROL : ils n'ont jamais osé chercher dans le cerveau la cause immédiate de la manie, de la démence, etc. Le moral de l'homme était séparé en deux tronçons, 507.

SÖMMERRING, 483-487. — Localisation de l'organe de l'âme ou siège commun de la sensibilité dans la sérosité des ventricules cérébraux. Origine ou terminaison des nerfs crâniens, 483 ; 501 : les terminaisons centrales de ces nerfs baignent dans le liquide ventriculaire, médium des actions des nerfs, véritable *sensorium commune* : nerfs acoustique, optique, olfactif. Expériences de CHLADNI expliquant comment les mouvements des sons, de la lumière, etc., peuvent être transmis aux nerfs et au liquide des ventricules sans confusion et avec leur forme vibratoire propre. Grandeur comparée des ventricules ; ils seraient plus spacieux dans l'homme : l'intelligence serait plus remarquable dans les affections où le liquide ventriculaire est augmenté. Opinion contraire de MAGENDIE. Réfutation, 484-485. — Echecs de tous ceux qui ont tenté de localiser le *sensorium commune* dans une partie du cerveau. Précurseurs de son hypothèse. Bonne anatomie macroscopique de la face interne du cerveau.

KANT, 485-497. — Réserves de KANT, sollicité de faire connaître son sentiment sur l'existence d'un siège de l'âme dans l'espace. Physiologiquement, l'organe immédiat de l'âme, dans l'hypothèse de SÖMMERRING, l'eau des ventricules, isolant à la fois les faisceaux des nerfs et assurant la communauté de leurs sensations hétérogènes, doit être une matière organisée. Décomposition chimique de l'eau en deux gaz différents. Hypothèse d'une décomposition chimique ou dynamique de l'eau des ventricules par les terminaisons des nerfs. Fin, après plus de 2.000 ans, d'HÉROPHILE à KANT, de la localisation ventriculaire des fonctions centrales de l'innervation supérieure et du siège de l'âme, 485-487. — Opinions de KANT, sur la localisation, dans la tête et dans le cœur, voire dans l'appareil digestif, des désordres de la connaissance et de la volonté. Confusion ordinaire de la cause et de l'effet dans la pathogénie des affections de l'âme. C'est le corps qui dans la folie souffre primitivement. Ces maladies, pourvu qu'elles ne soient pas héréditaires, peuvent quelquefois guérir ; l'assistance du médecin n'exclut point celle du philosophe dans leur traitement, 488. — Réfutation de l'argument de MENDELSSOHN en faveur de la persistance de l'âme, 488. — Question du siège de l'âme. « Je suis où je sens. » Aucune expérience ne prouve que le moi indivisible soit renfermé en un point du cerveau d'où il mettrait en mouvement le levier de la machine et serait affecté par le corps. Exemples de lésions destructives de parties considérables du cerveau sans perte de la vie ni des pensées. Cause de l'opinion dominante qui assigne à l'âme pensante une place dans le cerveau : tension des nerfs du cerveau dans une forte application de l'esprit. Importance des sens de l'ouïe et de la vue, localisés dans le cerveau, pour l'acquisition des signes servant aux opérations de la pensée ; l'excitation de ces signes est une stimulation des nerfs à un mouvement semblable à celle de la sensation première ; le tissu du cerveau est donc, dans l'acte de la pensée, obligé de vibrer harmoniquement avec les impressions antérieures ; d'où tension et fatigue cérébrales. Définition du *sensorium*, 489-490. — Siège de l'âme, d'une petitesse microscopique dans le cerveau ; l'âme y sent comme l'araignée au centre de sa toile ; les nerfs du cerveau l'ébranlent et font que même les impressions des parties les plus éloignées du corps sont perçues et représentées dans le cerveau. De ce siège, l'âme met en mouvement le corps. Le corps de l'animal est une machine où la connexion des nerfs est la condition de la faculté de penser et de vouloir, 490. — Existence probable, mais à jamais hypothétique, d'êtres immatériels, distincts des esprits, inférée de la considération de l'inertie de la matière cosmique et de l'activité propre et autonome des êtres vivants : *mundus intelligibilis*, 490-491. — Etats internes et représentations obscures postulés pour les parties élémentaires de la matière. LEIBNITZ. Toute idée d'êtres spirituels ne peut qu'être négative, car il n'existe pas de données positives à cet effet dans nos sensations, 492. — Ignorance nécessaire et insurmontable. Il n'y a de science que des choses sensibles. Idéalisme transcendental ou critique de KANT. DAVID HUME, 492. — Rapport de dépendance du développement de la pensée et des nerfs, 493. — Destination de l'homme en général : croître, se reproduire, vieillir et mourir. La cause de cet état d'infériorité de la nature humaine provient de la grossièreté de la matière et des tissus de notre corps, de la nature de nos nerfs, de l'inertie de leur humeur et de celle des liquides du cerveau. Faiblesse, fatigue et épuisement rapide de l'attention et de la réflexion dans ces conditions ; l'âme retombe bientôt dans l'état de passivité où les sens la gouvernent. Erreurs et vices. Cause et effets de la vieillesse sur le cours des humeurs, l'intelligence et les passions. La nature spécifique de la matière grossière à laquelle est attachée l'âme humaine dépend de la distance où se trouve la Terre par rapport au Soleil. L'homme et sa planète occupent le milieu entre deux extrêmes, entre Mercure et Vénus, Jupiter et Saturne : le degré de perfection des corps et des esprits augmente de Mercure à Saturne et au delà, s'il s'y rencontre d'autres planètes. Relativité de l'entendement des créatures pensantes. Planètes où un Hottentot serait un NEWTON, et où un NEWTON serait un singe, 493-494. — La psychologie ne peut être qu'une anthropologie. Impossibilité absolue de savoir si, dans l'hypothèse de deux substances spécifiquement différentes, le corps et l'âme, l'âme séparée du corps après la mort peut continuer à vivre comme esprit, c'est à dire à sentir, à penser et à vouloir avec conscience de soi et de ses représentations. La preuve de l'immortalité de l'âme est tout à fait impossible à donner, car nous n'avons aucune expérience, et par conséquent aucune connaissance, de ce que nous pourrons être ou faire après la mort, 494-495. — Le crâne de KANT ; poids, structure et constitution des os. Capacité et mensurations. Caractères anthropologiques. Arcs frontal et pariétal. C. KUPFFER et BESSEL HAGEN, 495-496.

Serres, 531-535. — Accusations injustifiées visant Foville et Pinel-Grandchamp sur les localisations cérébrales des mouvements des extrémités. La Pitié et la Salpêtrière. La section de la partie moyenne de la capsule interne, formée des faisceaux réunis de la couche optique et des corps striés, toujours suivie d'une hémiplégie complète. L'influence du cervelet s'exerce plus sur les extrémités inférieures, celle du cerveau sur les supérieures. La physiologie expérimentale et l'observation clinique démontrent contre Flourens que les hémisphères cérébraux concourent directement à la production des mouvements. Influence des observations recueillies par Sandifort et des expériences de Saucerotte sur les fonctions des corps striés par lesquels passent les voies d'innervation motrice et des extrémités et de la face. Pathogénie des troubles de la parole et de la voix ; capsule interne ; innervation de la langue et du larynx par les corps striés et la couche optique, 533. — Fonctions des substances grise et blanche. La moelle allongée, siège principal de la sensibilité ; celle-ci répandue d'ailleurs dans toute la masse de l'encéphale (lobes cérébraux et cérébelleux). Fonctions du vermis et des hémisphères du cervelet, 534. — Expériences sur les oiseaux décérébellés. Fonctions des tubercules quadrijumeaux : association des mouvements volontaires et de l'équilibre ; du sens de la vue dans les trois classes inférieures des verébrés. Anatomie physiologique de Serres. Unité d'origine et de composition de l'encéphale des Poissons, des Reptiles, des Oiseaux et des Mammifères.

Legallois, 536-542. — Le cerveau ; la moelle allongée, siège de la faculté régulatrice des mouvements. Origine dans la substance grise de la moelle des nerfs spinaux et du principe qui les anime. Gall. Physiologie de la moelle épinière. Sentiment et mouvement volontaire, 537. — Les lois de la nature et celles de l'intelligence, 537-538. — L'unité apparente du moi ; la connexion des parties suffit pour donner le sentiment de cette unité. Le cerveau n'est pas la source unique de la puissance nerveuse. Le principe du sentiment et des mouvements volontaires réside dans la moelle épinière, quoique les mouvements de la respiration dépendent immédiatement du cerveau et s'exercent par un point circonscrit de la moelle allongée comprenant l'origine des nerfs de la VIII[e] paire, 539. — Remarques sur l'importance de l'espèce et de l'âge des animaux servant aux expériences, 539-540. — Vies partielles et vie commune, 540. — La vie, une impression du sang artériel sur le cerveau et la moelle épinière ; la mort, partielle ou générale, l'extinction du principe résultant de cette impression. La mort partielle admet une résurrection véritable si la portion de la moelle épinière demeurée vivante peut continuer à fournir au cœur les forces nécessaires au réveil de la circulation dans la portion morte. Si la circulation a cessé pour jamais, mort générale. La vie persisterait dans un tronçon du corps dont la moelle épinière resterait en rapport avec les poumons et le cœur. Chaque segment coupé transversalement de la moelle épinière jouit du sentiment et du mouvement volontaire, mais d'une manière aussi indépendante que si tout le corps avait été coupé aux mêmes endroits ; autant de centres de sensation que de segments de moelle, 540. — Le rétablissement de la circulation fait reparaître la vie dans la partie dont la mort a été provoquée par l'interruption de la circulation locale. Une injection continue de sang artériel de n'importe quel tronçon ou segment d'animal, capable de suppléer au cœur, y entretiendrait indéfiniment la vie ; après la décapitation, on pourrait l'entretenir dans la tête elle-même, ou la rappeler après entière extinction, avec les fonctions propres au cerveau, 541. — En liant et en déliant toutes les artères qui vont à la tête, on peut troubler, suspendre ou anéantir ou faire renaître toutes les fonctions intellectuelles. Résurrections partielles. Contre la théorie des deux vies de Bichat. Les ganglions du grand sympathique ne peuvent point être assimilés à de petits cerveaux. Idée d'une méthode scientifique applicable à l'étude des localisations fonctionnelles du cerveau, 542.

Lallemand, 542-545. — Recherches anatomo-pathologiques sur l'encéphale. Migration progressive au cours du développement ontogénique, de la moelle au cerveau, des sensations, des perceptions et de la réflexion des mouvements. Le point de l'écorce où les sensations sont perçues est aussi celui d'où part l'incitation provoquant les contractions musculaires. Pathologie cérébrale. L'affection d'un seul hémisphère cérébral altère moins l'intelligence que le mouvement et la sensibilité ; c'est le contraire quand les deux hémisphères sont lésés. Psychologie et physiologie cérébrale. Influence des idées de l'organologie de Gall sur Lallemand comme sur Richerand, 545.

A. Desmoulins, 545-548. — Physiologie du système nerveux central. Magendie. L'intelligence croît avec les surfaces cérébrales ; leur étendue est absolument la plus grande dans l'homme. Critique de la cranioscopie de Gall : point de relation entre le nombre et la profondeur des plis du cerveau et l'étendue ou la forme du crâne. Animaux lissencéphales. Mais quelque rapport doit exister entre le développement particulier d'une faculté, d'un penchant, et celui des plis cérébraux où ils siègent. Sièges spéciaux des diverses facultés. Localisation dans la région orbitaire du cerveau du siège principal et des sièges particuliers de la faculté du langage articulé, lequel peut se perdre sans que la mémoire et l'intelligence de la parole soient abolies. Spurzheim. Lallemand. Doctrines des Écoles de la Salpêtrière et de la Pitié. Les idées de Desmoulins chez Baillarger et Broca, 547 ; 600. — Le corps calleux et la voûte et l'intelligence, 548.

Burdach, 548-555. — Structure et vie du cerveau. Inductions physiologiques appuyées sur les observations cliniques suivies d'autopsie. Point d'organe central de l'âme, de *sensorium commune*. Hétérogénéité organique et fonctionnelle du cerveau. Organes spéciaux pour les forces élémentaires de l'âme (sinon pour les idées), forces distinctes des anciennes facultés de l'âme, analogues aux forces fondamentales de Gall, 548-549. — Localisations encéphaliques de Huschke, 550. — Les sens et la

intérieure) considérés comme signes de nos idées et dont le siège est peut-être dans la substance grise des lobes antérieurs, l'organe qui exécute et coordonne les mouvements volontaires de la voix articulée étant localisé dans la substance blanche (parole extérieure). L'aphasique n'a rien oublié, si ce n'est la mémoire spéciale des mouvements de l'articulation, 578 ; 592. — La perte de la parole dépend tantôt de la mémoire des mots, tantôt de celle des mouvements musculaires de la parole, 579. — Centres moteurs des régions fonctionnelles de la motilité des extrémités et du langage localisés dans les lobules antérieur, moyen et postérieur du cerveau. Doctrines de l'école française de chirurgie. Sabouraut et Saucerotte. Paralysies partielles du sentiment et du mouvement correspondant à des altérations locales du cerveau. Origine distincte des mouvements volontaire et involontaire ou automatique. Accord de la clinique et de l'expérimentation. Centres cérébraux de la sensibilité générale et spéciale, 580. — Les altérations des fonctions intellectuelles varient aussi avec le siège de la lésion des organes cérébraux de l'intelligence, tels que ceux du langage. Difficultés propres à l'observation clinique pour l'histoire des fonctions du cerveau. Un seul hémisphère suffit à l'exercice complet des facultés intellectuelles ; action à distance des lésions du cerveau, 581. — Contre la localisation de la sensibilité dans le cervelet ; fonctions du cervelet, 581-583. — La « physiologie clinique ou pathologique » sœur de la physiologie expérimentale. Méthodes de vivisection. Expériences, 582. — Pour Flourens contre Gall et Serres : le cervelet, siège des forces de coordination de l'équilibre, de la station et de la progression, des mouvements des yeux, etc., 583. — Recherches expérimentales sur les fonctions des lobes cérébraux et des lobes antérieurs en particulier ; oiseaux et mammifères. Méthode d'ablation. Les lésions destructives de la partie postérieure du cerveau ne déterminent pas les mêmes phénomènes que celles de la partie antérieure ou frontale, 584. — Les sensations ont un autre siège que les fonctions intellectuelles. Effets de l'ablation des lobes antérieurs sur la mémoire, le jugement, la connaissance des objets extérieurs (aliments, personnes, etc.), les instincts, le caractère. « Idiotisme. » Voir et reconnaître. Bouillaud et Goltz, 585-586. — Les sensations et l'intelligence, 587. — Nouveaux mémoires sur les fonctions du langage articulé. Dissociation clinique et « spécialité » de la faculté du langage articulé, de la faculté de mots ou des noms, de la faculté d'écrire et de celle de lire. Marcé, 588-589. — L'intégrité des mouvements de la main ne suffit pas plus pour écrire que celle des mouvements de la langue, des lèvres et du larynx pour parler. Variétés d'agraphie. Confusion de l'agraphie et de l'alexie avec la cécité verbale. Localisation de l'organe de l'écriture, 589. Auburtin. Cas de Cullerier, 589-590. — Eloge de Gall, père de la « nouvelle physiologie du cerveau ». Phrénologie, psychologie. Rapport de Lélut sur les observations de Marc Dax ; localisation de la mémoire verbale dans l'hémisphère gauche, 590-591. — G. Dax. Lordat. Défense de M. Dax par Bouillaud contre Lélut. Gauchers du cerveau pour la parole et un certain nombre d'autres actes ? Les observations faisaient encore défaut à Bouillaud. Réplique au discours de Trousseau, 592-593. — C'est Broca qui a découvert le siège de la faculté du langage articulé, 593.

Paul Broca, 593. — Observation clinique et autopsie de Leborgne, 593-594. — Le trouble de l'intelligence constatée dans l'aphémie, suite d'une lésion de F_3, relève d'une faculté intellectuelle circonscrite. L'existence d'une première localisation cérébrale permet l'établissement du principe des localisations par circonvolutions affectées chacune à des fonctions particulières. Ruine de la doctrine de l' « unité du centre nerveux intellectuel », 595. — Nature de l'aphémie, 596. — De grandes régions distinctes correspondent dans le cerveau à celles de l'esprit. L'anatomie, la physiologie et la pathologie cérébrales démontrent l'indépendance et la diversité des fonctions psychiques. L'anatomie normale et pathologique, base de tout système physiologique. Critique de Gall et de Spurzheim. Lobes frontaux, moyens et occipitaux. Le développement des circonvolutions frontales du cerveau de l'homme. Le cerveau des anthropoïdes et le langage articulé. Le degré d'intelligence nécessaire, non la circonvolution spéciale de l'articulation, que possèdent la plupart des singes, leur fait défaut, 597-598. — L'hémisphère droit n'est pas plus étranger que le gauche au langage articulé, fonction de l'ordre intellectuel, l'aphémique par lésion de l'hémisphère gauche continuant à comprendre les mots : seule la faculté de les exprimer par des mouvements coordonnés paraît n'appartenir qu'à cet hémisphère. Les organes cérébraux moteurs, concourant au phénomène purement musculaire de l'articulation, simples ministres de la fonction tout intellectuelle du langage, — relation entre une idée et un mot — sont les corps striés et les couches optiques, les circonvolutions cérébrales, seules affectées à l'intelligence, n'étant pas des organes moteurs, 598 ; 604-605. — Si l'on n'avait que des organes moteurs de l'articulation, on ne parlerait pas. Si la F_3 droite ne supplée pas F_3 gauche, c'est que chez la plupart des aphémiques, dans les cas d'hémiplégie chez l'adulte, des lésions cérébrales plus ou moins étendues affectent l'intelligence, 599. — L'inégale activité de la circulation dans les deux hémisphères, part importante de la disparité fonctionnelle de ces organes. Armand de Fleury. Développement inégal des fonctions intellectuelles dérivé par Gratiolet des différentes formes du cerveau caucasique, mongolique, éthiopique, de l'ossification plus ou moins précoce ou tardive des os du crâne dans les races humaines. Les facultés cérébrales les plus élevées (l'entendement, etc.) localisées par Broca dans les circonvolutions frontales, les sentiments, penchants, passions dans les lobes temporaux, pariétaux et occipitaux. Non le volume du cerveau, mais la prééminence de certaines parties indique la supériorité de l'intelligence. Le crâne de Dante. Les cerveaux les plus plissés, les plus intelligents ; doctrine de Desmoulins. La substance grise est l'organe proprement dit de la pensée, 600. — Pierre Gratiolet : Dans l'hypothèse d'autant de régions distinctes dans les hémisphères que d'organes des sens, les cerveaux de l'œil, de l'oreille, etc. pourraient être synergiquement reliés par des commissures assurant l'unité fonctionnelle du cerveau.

Importance du centre ovale, au regard de l'écorce cérébrale, comme siège des fonctions de l'intelligence. Régions de dignité différente existant probablement dans les hémisphères dont toutes les parties concourent d'ailleurs ensemble à chaque manifestation de la pensée. Les différentes parties du cerveau n'ont point d'attributs divers correspondant aux diverses facultés de l'esprit, 600-602. — Doctrines physiologiques de JEAN MULLER sur le principe des localisations cérébrales ; suppléances ; subordination de l'anatomie pathologique à la physiologie expérimentale pour la connaissance des fonctions du cerveau. Hypothèse sur les rapports de la mémoire, des perceptions et de la pensée avec l'action réciproque des « corpuscules ganglionnaires » des centres nerveux unis entre eux et tous ensemble au moyen de prolongements. Innéité des instincts des animaux et peut-être aussi des idées générales de l'homme, 603. — VULPIAN bannit de la biologie scientifique la théorie des localisations cérébrales. Uniformité fonctionnelle des diverses régions de la substance grise cérébrale, susceptibles d'ailleurs de se suppléer. Insuffisance de l'observation clinique et anatomo pathologique pour les localisations fonctionnelles de l'intelligence ou de l'articulation verbale dans les lobes cérébraux, 604. — Sièges différents des fonctions sensitives, motrices et intellectuelles selon BROCA, 604-605. — Jusqu'à l'époque où furent connus les effets des excitations ou des lésions expérimentales de l'écorce, la croyance la plus commune était que les lésions pathologiques de la substance grise cérébrale n'agissent point directement sur la motilité des parties du corps, 605. — Paralysie faciale par lésion du cerveau (DUPLAY). Ni l'expérimentation ni l'anatomo-pathologie, ni l'anatomie comparée ne fournissent, selon VULPIAN, aucun argument à l'appui de localisations cérébrales. Interprétation de l'aphémie, non par la perte d'une faculté spéciale, mais par l'état plus ou moins démentiel des aphasiques, par un trouble de l'intelligence. Opinions de BOUILLAUD, BROCA, TROUSSEAU, CHARCOT, 606.

Découverte des localisations cérébrales. — FRITSCH et HITZIG. Mémoire sur l'Excitabilité électrique du cerveau (1870). La psychologie sera fondée sur la connaissance des propriétés de l'écorce cérébrale. GALL. FLOURENS. La lésion corticale de l'aphasie ruine, en toute hypothèse, la doctrine de FLOURENS, 607 ; 613. — L'incitation motrice qui a pour effet le mouvement résultant d'une somme de représentations, les mouvements ont leurs racines dans des surfaces sensibles circonscrites du cerveau, 608. — L'excitation mécanique ou électrique d'un lobe cérébral provoque des mouvements des muscles volontaires. Doctrine traditionnelle de l'inexcitabilité de la substance corticale des hémisphères, doctrine distincte de celle des localisations fonctionnelles de l'écorce, postulée de tout temps, scientifiquement démontrée par BROCA et pour laquelle s'étaient déclarés MEYNERT, HUGHLINGS-JACKSON, etc., 609-610. — Origine des expériences de HITZIG sur l'excitabilité électrique du cerveau. Distinction des régions motrices et non motrices, 611. — Provocation, au moyen de l'excitation électrique de certains points ou centres, de contractions musculaires localisées, étroitement circonscrites, du côté opposé du corps. L'augmentation de la force du courant détermine des contractions, non plus seulement latérales, mais bilatérales, et des convulsions, 611 ; 618. — Méthode de détermination des centres moteurs du cortex du chien ; constance de ces centres. Premier schéma, 612. — Régions « inexcitables ». Conditions de l'excitabilité du cerveau. La méthode suivie par FRITSCH et HITZIG explique les résultats. Les parties du cerveau ne sont pas fonctionnellement équivalentes. Valeur respective des substances grise et blanche pour la production des effets obtenus, 613. — Expériences antérieures établissant l'excitabilité de la substance blanche. Impossibilité de rechercher isolément l'excitabilité des fibres et des cellules nerveuses inextricablement mêlées dans la substance grise. Insensibilité absolue de la substance cérébrale, 614. — Interprétation par SCHIFF des résultats d'excitation des centres moteurs : réactions dues à l'excitation de centres réflexes. Localisations variables, corticales ou sous-corticales, du centre réflexe de SCHIFF. Objection de HITZIG. Expériences d'extirpation de parties circonscrites de l'écorce dont les fonctions avaient été démontrées par l'excitation électrique. Sensibilité de la dure-mère. Description des troubles consécutifs à l'ablation de ces centres. Altération de la conscience de la notion de position du membre correspondant. Perte de la faculté de se représenter complètement ce membre en idée. Tabes. Altération, non abolition du mouvement volontaire du membre considéré. La fonction motrice n'est qu'incomplètement perdue ; sensibilité tactile probablement intacte, 615. — Observations cliniques et anatomo-pathologiques. Cas de J. Masseau, 616-17. — Confirmation de la localisation du centre cortical du facial. Possibilité de troubles fonctionnels à distance (convulsions, etc.) résultant d'une lésion éloignée d'un point de l'écorce, 617. — Vérification chez le singe de l'équivalence morphologique et physiologique des centres moteurs. Attribution de FA au lobe pariétal, 617-8. — Observation clinique contemporaine. Les lésions de la région supérieure de FA s'accompagnent de troubles de la motilité des extrémités, celles de la région inférieure de troubles des muscles du facial et de l'hypoglosse, 618. — La destruction du lobe frontal ne détermine pas de troubles de la motilité. Accès épileptiques unilatéraux et bilatéraux débutant par la contraction musculaire correspondant au point cortical irrité, persistant toute la vie. Observations analogues de LUCIANI. Action bilatérale de chaque hémisphère cérébral. Pathogénie de l'épilepsie corticale. Doctrines contemporaines de l'épilepsie. L'épilepsie partielle de JACKSON. Localisation du centre cérébral de la vision dans le lobe occipital, 619-620. — Troubles de la vision par lésion du lobe frontal. Troubles de la thermogenèse dans les lésions de la zone motrice. 620. — Nature des centres moteurs corticaux et interprétation des phénomènes consécutifs aux expériences d'excitation et d'ablation. De la sphère motrice de FRITSCH et HITZIG, SCHIFF et MUNK ont fait une sphère de sensibilité. SCHIFF : les mouvements provoqués étaient de simples réflexes ; la paralysie résultait de la perte de la sensibilité tactile. MUNK : la zone motrice se décompose en zones sensitives, sièges des représentations cutanées, muscu-

trale (groupe des noyaux ventro-latéraux du *thalamus* : noyau latéral, corps cupuliforme, centre médian de Luys), 642.

Connexions du cerveau antérieur avec les cerveaux intermédiaire, moyen, postérieur et avec le myélencéphale. — Dégénération et atrophie simple secondaires, 642-3. — Rapports des noyaux ventraux du *thalamus* avec le lobe pariétal, des corps genouillés externes avec le lobe occipital, etc. Rôle des noyaux du *thalamus* (territoires d'interruption) entre les noyaux sensibles et l'écorce. Dépendances directes et indirectes des noyaux du *thalamus* avec les aires corticales d'irradiation. Le groupe des noyaux ventraux ne dégénère pas comme le *pulvinar*. Origines et directions diverses des faisceaux de projection reliant le thalamus et l'écorce, 644. — Territoires d'irradiation de l'écorce du cerveau correspondant aux quinze zones du *thalamus opticus* isolées par Monakow, 645-647. — *Zone du noyau médian* (lobe frontal, sphères tactiles du tronc et de la nuque de Munk. *Zone du noyau ventral* (parties postérieures du gyrus sigmoïde, du gyrus coronarius et du gyrus ectosylvius, régions des membres antérieurs et postérieurs, de la tête) ; aires de dissémination du ruban de Reil cortical. *Zone du tuberculum anterius* (région de la sphère tactile de l'œil, Munk). *Zone du noyau latéral* de Monakow (région de la tête en partie) *Zone du noyau postérieur* (sphère tactile de l'oreille). *Zone du pulvinar* (lobe occipital). *Zone du corps genouillé externe* (sphère visuelle). *Zone du corps genouillé interne* (sphère auditive). *Zone du corps mamillaire* (uncus et corne d'Ammon), 647. — Parties du *thalamus* qui ne font point partie des dépendances cérébrales (*ganglion habenulæ*, etc.). Nature des lésions secondaires du *thalamus* consécutives aux lésions du cerveau antérieur. Des foyers symétriques de l'écorce provoquent des lésions secondaires doubles du *thalamus*, 648-649. — Tableau synoptique des cas d'anciennes lésions de déficit du cerveau antérieur suivies de dégénérations secondaires du cerveau intermédiaire et du cerveau moyen, 650 651. — Topographie des localisations fonctionnelles des zones d'irradiation du diencéphale et du mésencéphale sur l'écorce du télencéphale, 652-655. — 1. *Zone du corps genouillé interne*. 2. *Zone du corps genouillé externe*. 3. *Zone du pulvinar*. 4. *Zone du noyau postérieur du thalamus*. 5. *Zone du groupe nucléaire ventral du thalamus*. 6. *Zone du noyau médian ou interne du thalamus*. 7. *Zone du noyau latéral du thalamus*. 8. *Zone du tuberculum anterius*. 9. *Zone du corps mamillaire*. 10. *Zone du corps de* Luys. 11. *Zone du noyau rouge*. 12. *Zone de la substantia nigra*. 13. *Zone du tubercule quadrijumeau antérieur*. 14 *Zone du tubercule quadrijumeau postérieur*. 15. *Zone de la zona incerta*. Ordre correspondant des zones corticales d'irradiation des noyaux du thalamus et de la topographie de ces noyaux sur le *thalamus*. Interprétation du fait de l'atrophie secondaire de deuxième ordre des noyaux ventraux consécutive aux lésions de l'écorce. Diversité de rapports des noyaux thalamiques avec l'écorce, 656. — Corps mamillaire ; corps genouillés externes et internes, etc., 657. — Les masses grises du *thalamus*, stations terminales ou relais nucléaires (corps genouillés externes et internes, noyaux ventraux, etc.) des faisceaux de projection montant des régions inférieures du névraxe (*tractus opticus*, *acusticus*, ruban de Reil médian, etc.) et territoires d'origine des faisceaux thalamo-corticaux de la couronne rayonnante. Trajet et connexions du ruban de Reil médian : résultat des expériences et des observations anatomo-cliniques de Monakow, 657-9. — Les altérations secondaires des noyaux des cordons postérieurs sont d'autant plus graves que le point de la lésion du ruban de Reil est situé plus bas (ruban de Reil cortical, ruban de Reil thalamique, ruban de Reil des tubercules quadrijumeaux, ruban de Reil de la moelle allongée ou de la couche interolivaire). Radiations de la calotte et ruban de Reil. Régions de l'écorce dont la destruction détermine l'atrophie de la radiation de la calotte. Radiation externe du noyau rouge, 659. — La *lamina medullaris externa*, 660. — Dépendance du *corpus* Luysii (Forel) du ganglion de la base du cerveau antérieur (corps strié, putamen, anse du noyau lenticulaire). Critique des hypothèses de Bernheimer, de Darkschewitsch, etc., sur les connexions du corps de Luys. Cellules d'origine et de distribution des fibres de l'anse lenticulaire, 660 661. — Cellules d'origine et faisceaux centrifuges et centripètes des pédoncules cérébelleux supérieurs, 661. — Cellules d'origine et terminaisons des fibres du pédoncule cérébelleux moyen, 662.

Etablissement de trois catégories de centres nerveux suivant le mode de réaction de ces centres aux lésions destructives du cerveau antérieur (télencéphale) et du corps strié. Cerveau intermédiaire (diencéphale) et régions du thalamus appartenant à l'une ou à l'autre de ces catégories, 662-663. — Cerveau moyen (mésencéphale) et région de la calotte. Cerveau postérieur (métencéphale). Arrière-cerveau (myélencéphale), 664-665. — Résumé des lésions dégénératives secondaires de l'encéphale consécutives à l'ablation unilatérale d'un hémisphère cérébral avec le corps strié. Les masses grises thalamiques et hypothalamiques source la plus abondante de stimulations du *pallium*, 665-666. — Terminaison des fibres de la voie sensitive centrale du rhombencéphale dans la couche optique, dernier relai de cette voie avant les hémisphères cérébraux. De même pour les voies optique, acoustique, etc. Outre celles de la sensibilité générale et spéciale, des fonctions de la régulation des mouvements appartiennent au thalamus. Couche optique et mouvements secondaires des extrémités supérieures. Voie de la sphère tactile descendant de l'écorce (lobe limbique, circonvolutions centrales, pieds des circonvolutions frontales, corps striés, sphères visuelle et auditive) dans le noyau antérieur, le noyau interne (noyau latéral de Monakow) et le pulvinar du *thalamus*. Ces noyaux (groupe nucléaire dorso-médian) comprennent tout le *thalamus* à l'exception du groupe nucléaire ventro-latéral (noyau latéral ou externe de Flechsig, corps cupuliforme, centre médian de Luys). Les fibres des noyaux ventro-latéraux sont centripètes, celles des noyaux dorso-médians centrifuges, et dégénèrent après une lésion corticale plus rapidement

que les neurones des noyaux ventro-latéraux, dont les centres trophiques et fonctionnels sont dans les régions sous-thalamiques. Mécanismes innés phylogéniquement transmis résultant de l'usage des parties le plus anciennement fixé dans l'espèce (moelles épinière et allongée, sympathique, cervelet, mésencéphale), et mécanismes acquis par l'exercice individuel prédominant dans les provinces antérieures de l'encéphale (diencéphale et télencéphale) Edinger, 667-668. — Doctrines sur la nature des centres corticaux d'irradiation du faisceau sensitif, 669. — Origine, structure et composition des fibres des racines postérieures. Bifurcation typique des fibres radiculaires postérieures dans la série des vertébrés, 670. — Voies longues, moyennes et courtes des cordons postérieurs. Trajet des axones des cellules radiculaires antérieures en relation peut être avec la chaîne du sympathique. Groupes ou faisceaux interne et externe intramédullaires des fibres radiculaires postérieures. Zone marginale de Lissauer. Connexions des collatérales du faisceau interne (commissure postérieure, substance gélatineuse de Rolando, régions centrales de la substance grise, cellules des cornes antérieures). Collatérales réflexes, sensitivo-réflexes ou réflexo-motrices. Actions réflexes de la moelle épinière, 671-672. — Mode de terminaison dans la substance grise de la moelle des rameaux ascendants et descendants. Fibres exogènes et endogènes de la moelle épinière. Zone ventrale des cordons postérieurs ou faisceaux des fibres cornu-commissurales. Constitution des cordons postérieurs d'après Flechsig. Le centre ovale de Flechsig. Le faisceau en virgule de Schultze. Le triangle de Gombault et Philippe. Faisceau fondamental du cordon postérieur. Nature des neurones constituant la substance grise de Rolando. Cellules d'origine du faisceau cérébelleux direct et du faisceau de Gowers, voies longues ; des faisceaux fondamentaux des cordons antéro-latéraux, voies courtes, et des cordons postérieurs endogènes. Cellules isolées de la moelle cervicale et de la moelle lombaire analogues à celles des colonnes de Clarke, dont l'axone monte aussi dans le faisceau cérébelleux, 673-674. — Indépendance des racines postérieures et du centre médullaire. Cas d'anencéphalie avec amyélie totale. Les racines des nerfs crâniens vont des ganglions aux noyaux de ces nerfs, comme les fibres radiculaires postérieures aux cellules d'origine des cordons et aux noyaux de Gall et de Burdach, 674-675. — Rapports du système nerveux centripète et du système nerveux centrifuge ; atrophie des cornes antérieures dans les amputations anciennes par dégénérescence des racines postérieures consécutive à celle de la cellule du protoneurone sensitif. Les troubles spécifiques des éléments nerveux toujours associés à des troubles trophiques. Rôle des excitations périphériques pour l'équilibre des échanges nécessaires à l'activité fonctionnelle. Hypothèse de Marinesco, 675-676. — Observation clinique et examen histologique d'un cas d'amputation congénitale des doigts ; Souques et Marinesco. Distribution et rôle des collatérales des fibres radiculaires postérieures exogènes, 676-678. — Terminaison directe ou indirecte des cordons postérieurs et du trijumeau dans les circonvolutions centrales. Cas d'Hösel et de Flechsig, 678. — Ruban de Reil cortical de Monakow. Des noyaux des cordons postérieurs montent à l'écorce des fibres du ruban de Reil médian. Les circonvolutions centrales sont les centres corticaux de la sensibilité générale. Doctrine de Munk, 679. — L'arc réflexe cortical (von Lenhossek) ; 5 neurones. L'arc réflexe direct. L'arc réflexe indirect. Réflexes croisés et cellules commissurales, 680-682.

Voie motrice principale. Voies descendantes, directe et indirecte. Faisceaux pyramidaux. — Le faisceau pyramidal myélinisé le dernier de tous les faisceaux de la moelle épinière. Accords des résultats de la méthode embryologique et de l'étude des dégénérations secondaires, soit expérimentales, soit pathologiques, 682. — Fibres amyéliniques et myéliniques du système nerveux. Terminaisons amyéliniques, centrales et périphériques, des fibres cérébro-spinales. A l'exclusion du prolongement périphérique des cellules des ganglions cérébro-spinaux, tous les prolongements protoplasmiques sont dépourvus de myéline et de gaine de Schwann. Mode de terminaison des fibres nerveuses (étranglement préterminal de Ruffini). Rôle physiologique de la myéline. Evolution embryologique du neurone et de ses prolongements cylindraxiles et dendritiques. Époque de la descente dans la moelle épinière des axones non encore myélinisés des pyramides ; époque de la myélinisation des fibres des faisceaux pyramidaux, 683-684. — Au septième mois, les cylindraxes amyélinisés de ces faisceaux ont traversé le centre ovale, la capsule interne, le pédoncule cérébral, la protubérance annulaire et pénétré jusque dans la moelle allongée ; ils font complètement défaut dans la moelle épinière jusqu'au commencement du huitième mois de la vie utérine, 684-685. — Les deux voies du mouvement volontaire : voie cérébro-spinale (directe), à deux neurones (cortico-spinal et spino-musculaire) ; voie cérébro ponto-cérébello spinale (indirecte). Chaque hémisphère exerce une action directrice sur les deux moitiés de la moelle. Les deux voies centrales, croisée et directe, des faisceaux pyramidaux provenant des centres nerveux moteurs à fonctions synergiques et bilatérales (mastication, etc.) doivent être également fortes. Mode probable des rapports des fibres pyramidales avec les neurones moteurs des cornes antérieures, 686 ; 688, 691. — Condition anatomique de la bilatéralité fonctionnelle de l'aire corticale motrice sur les deux moitiés du corps. *Faisceau pyramidal direct* ou antérieur de l'homme. Variabilité dans la distribution des fibres pyramidales aux cordons antérieur et latéral de la moelle. *Faisceau pyramidal croisé hétéro latéral. Faisceau pyramidal croisé homolatéral.* Le nombre des collatérales des fibres pyramidales est proportionnel au calibre de ces fibres. Les fibres pyramidales diminuent de calibre en descendant des pédoncules cérébraux au pont de Varole et au bulbe ; cette diminution du diamètre des fibres motrices dans le bulbe entraîne celle de l'aire occupée par la voie pyramidale, 687-688. — Fonctions réflexes des tubercules quadrijumeaux et des couches optiques. Voies centripètes et centrifuges de ces centres. 1. Rapport des tubercules quadrijumeaux et des

lution là où se termine la partie principale du ruban de Reil ; le territoire d'origine du premier système fœtal des faisceaux sensitifs de la capsule interne, c'est-à-dire de la voie sensitive centrale. La zone motrice, sensitive ou sensitivo-motrice est un centre réflexe des cordons postérieurs, 705. — Après une lésion destructive du cerveau, le ruban de Reil ne dégénère pas, il s'atrophie. Interruption des fibres sensitives sus-thalamiques et sous-thalamiques de la couche optique. Amendements de la doctrine de la terminaison directe du ruban de Reil dans l'écorce. Réveil de la discussion d'Hösel, Flechsig, Monakow, Mahaim, 706. — Importance de la constitution de la voie sensitive centrale. Réforme de la doctrine antérieure sur la terminaison de cette voie dans le lobe occipital. Flechsig. Dejerine. Ruban de Reil thalamique ou supérieur de Forel. Origines bulbaires du ruban de Reil médian. Edinger, Flechsig, 707. — Connexions du ruban de Reil médian avec la corticalité cérébrale. J. Dejerine et Dejerine-Klumpke. Les lésions destructives de l'aire sensitive du corps entraînant des hémiplégies avec contracture déterminent, non une dégénérescence, mais une atrophie simple du ruban de Reil et une atrophie secondaire de la couche optique. A la suite de lésions thalamiques, sous-thalamiques et pédonculaires, atrophie rétrograde, cellulipète, allant de la périphérie du neuraxone de ce faisceau vers sa cellule d'origine dans les noyaux de Goll et de Burdach, 708. — Résumé. Du bulbe au pallium, la voie sensitive centrale comprend deux neurones : neurone bulbo-thalamique, neurone thalamo-cortical, 709.

Voie sensitive cérébelleuse. Faisceau cérébello-cérébral. — Voie sensitive ou tactile secondaire (médullo-cérébello-cérébrale) ou voie secondaire ascendante indirecte reliant les nerfs sensitifs périphériques à la sphère tactile en passant par l'écorce du cervelet. Le noyau denté et l'écorce du cervelet, stations intermédiaires : l'écorce cérébelleuse reçoit dans sa couche des grains et dans sa couche moléculaire les arborisations des fibres ascendantes des pédoncules cérébelleux inférieurs (faisceaux cérébelleux directs, fibres longues des cordons postérieurs, fibres de l'olive bulbaire et du tuberculum acusticum). Arborisation des fibres moussues dans la couche des grains. Origine des pédoncules cérébelleux supérieurs reliant chaque hémisphère cérébelleux au noyau rouge, à la couche optique, à la sphère tactile. Entre-croisement incomplet, 709-710. — Epoque de la myélinisation des fibres des pédoncules cérébelleux supérieurs et de la voie sensitive principale ou du ruban de Reil médian. Opinion divergente sur la nature des fibres des pédoncules cérébelleux supérieurs, dont les fibres, de nature motrice, constitueraient une voie descendante formée de quatre neurones : cortico-thalamique, thalamo-rubrique, rubro-cérébelleux (reliant le noyau rouge à l'olive cérébelleuse) et cérébelleux. Dejerine. Mingazzini, 711. — Dans l'hypothèse contraire, la voie sensitive secondaire est ainsi constituée : 1° protoneurone sensitif périphérique dont les fibres radiculaires envoient des collatérales aux cellules des colonnes de Clarke ; 2° neurones médullo-cérébelleux ; 3° neurones cérébello-olivaires ; 4° neurones cérébello et olivo-rubriques et thalamiques ; 5° neurones rubrico et thalamico-corticaux. Transmission d'excitations sensitives de l'écorce du cervelet aux divers centres moteurs (réactions réflexes automatiques) : aux cellules radiculaires des cornes antérieures par les fibres cérébello-spinales ; aux noyaux moteurs des couches optiques ; aux noyaux moteurs des nerfs crâniens, etc. Voies médullo-cérébelleuses, bulbo-cérébelleuses, ponto-cérébelleuses, 712.

Voie motrice secondaire. Faisceau cortico-ponto-cérébelleux. — Voie descendante indirecte, reliant la sphère tactile aux cellules radiculaires des cornes antérieures en passant par l'écorce du cervelet. Ancienne voie cérébro-cérébelleuse reliant par les pédoncules cérébelleux moyens un hémisphère cérébral à l'hémisphère cérébelleux opposé. *Portion supérieure* de la voie cortico-ponto-cérébelleuse, formée de deux neurones : 1° neurone cortico-protubérantiel, direct ; 2° neurone ponto-cérébelleux, croisé. Origine des fibres cortico-protubérantielles (faisceau frontal cortico-protubérantiel de Flechsig). Trajet dans la capsule interne (genou et segment lenticulaire du segment postérieur), le pied du pédoncule (quatrième cinquième interne), la moitié correspondante du pont de Varole, 713-714. — Pédoncules cérébelleux moyens. Fibres grimpantes qui, dans la zone moléculaire s'appliquent contre la tige ascendante et les branches maîtresses des cellules de Purkinje. Entre-croisement partiel des fibres ponto-cérébelleuses. *Portion inférieure* : fibres cérébello-spinales, prolongements cylindraxiles des cellules de Purkinje, descendant par les pédoncules cérébelleux inférieurs dans la partie antérieure du cordon latéral, et reliant l'écorce du cervelet aux cellules radiculaires des cornes antérieures. Faisceau cérébelleux descendant de Marchi. Kölliker. Cajal. Constitution de la double voie motrice de la sphère tactile. Résumé, 715. — Participation du cervelet à tout mouvement volontaire ou réflexe ; action spéciale de ses cellules (sens statique). Nature des troubles résultant des lésions de l'une ou de l'autre ou des deux voies motrices principale et secondaire. Van Gehuchten, 716. — Théorie nouvelle de Ramon y Cajal sur l'anatomie du pont de Varole et sur les fonctions de la double voie motrice. Rapport du calibre et du nombre des collatérales des fibres du faisceau pyramidal à son passage dans le pont, 716-717. — Nature de la décharge motrice médullaire à la fois impulsive (cerveau) et coordinatrice (cervelet) de tout mouvement volontaire. Troubles consécutifs aux lésions de la voie intracérébrale du faisceau pyramidal, de la voie cérébro-ponto-cérébello-spinale, de la voie ponto-spinale. Luciani. Critique de Charcot, Pierre Marie, van Gehuchten. Action tonique de la voie ponto-cérébello-spinale sur les centres moteurs bulbo médullaires. Nature fonctionnelle du cervelet, centre de tonicité nerveuse et musculaire des mouvements de coordination nécessaires au maintien de l'équilibre, 718. — Hypothèse de localisations fonctionnelles, dans les lamelles du cervelet comme dans l'écorce de la sphère motrice du cerveau, de mouvements coordonnés et d'aires sensitives de la

trale bulbaire et protubérantielle (Held). Centre de l'audition (Wernicke, Naunyn). Aire terminale du nerf cochléaire (Flechsig). Les *gyri transversi temporales* ; couronne rayonnante du *gyrus transversus* anterior, 729-730. — Voie centrifuge cortico-protubérantielle de la sphère auditive. Faisceau externe du pied du pédoncule cérébral (faisceau temporal cortico-protubérantiel de Flechsig, faisceau de Türck). Fibres de la sphère auditive allant au noyau interne du thalamus ; existence probable d'une seconde voie centrifuge. *Nerf vestibulaire* ; même trajet que la plupart des racines postérieures de la moelle allongée ; se termine peut-être dans la sphère tactile. Centre des perceptions vestibulaires (images d'attitude servant à l'idéation motrice) localisé dans le tiers inférieur de PA par P. Bonnier, 731. — Le *gyrus subangularis* de Flechsig reliant T_2 et O_2 : carrefour sensitivo-sensoriel d'un grand nombre de faisceaux des sphères visuelle, tactile et auditive, 731-732.

Théorie générale de l'entre-croisement des voies nerveuses. — Ramon y Cajal. Dans les voies centrales, l'entre-croisement total, sans être primitif, représente une phase historique antérieure à la décussation partielle. Pour la vue, cette décussation n'apparaît dans la série phylogénique qu'avec l'œil lenticulaire. L'entre-croisement total est contemporain de la production d'un encéphale (centralisation des impressions et des réactions motrices). Chez les vers, l'amphioxus, où n'existent pas de voies centrales propres, mais intra et interganglionnaires, les réflexes directs l'emportent : les réactions motrices sont homolatérales, 732-733. — Cellules funiculaires et commissurales des vertébrés. En dehors des oiseaux, chez tous les vertébrés inférieurs la voie optique n'a que deux neurones, la cellule bipolaire de la rétine et la cellule ganglionnaire, dont l'axone s'arborise dans le lobe optique. Nature de la vision de la rétine centrale, répartie en deux aires corticales, symétriques et unilatérales, de l'encéphale des Invertébrés pourvus d'yeux à cristallin et des Vertébrés où le nerf optique s'entre-croise totalement et où manque un champ visuel commun, chaque œil fonctionnant d'une manière indépendante. L'image mentale, toujours unique, simultanément panoramique, sans relief, résulte des deux projections sensorielles. Le champ visuel commun des mammifères résulte du parallélisme des axes oculaires, entraînant l'existence d'un faisceau optique direct (Edinger), au maximum chez l'homme. Champs visuels mixtes (bœuf, âne, cheval). Réduction du champ visuel chez les mammifères élevés. Compensation : convergence des axes permettant la fusion en une seule des deux images rétiniennes, les deux yeux fonctionnant comme un seul œil. Perception de la troisième dimension, inconnue du plus grand nombre des mammifères. Accroissement correspondant de la motilité des yeux, de la tête et du tronc. Chez les mammifères, les voies optiques possèdent un troisième neurone. Émigration dans les hémisphères de la conversion du courant centripète en courant centrifuge ; le tubercule quadrijumeau antérieur (*lobus opticus* des vertébrés inférieurs) réduit à la production des réflexes visuels, 734. — *Voies optiques réflexes*. Faisceaux descendants (aux centres moteurs du bulbe et de la moelle) du lobus opticus (*tractus tecto-spinales* et *tecto-bulbares*) croisés en très grande majorité chez les poissons, batraciens, reptiles. Edinger. Fibres optico-réflexes homolatérales en très petit nombre, 735. — *Voie motrice volontaire*. Fibres directes homolatérales du faisceau pyramidal (un tiers au plus du faisceau entier chez l'homme). La cause de cet entre-croisement a déterminé la décussation de la voie motrice secondaire (ponto-cérébello-spinale). *Voies sensorielles : sensitive, acoustique, olfactive*, etc. L'entre-croisement des voies optiques, nécessité par la transformation de la vision tubulaire des yeux à facettes des insectes en vision lenticulaire, arrivée chez les céphalopodes, a eu lieu quand la station terminale des nerfs optiques était encore exclusivement représentée par les *lobi optici* et par le cerveau moyen. Cette disposition croisée fut suivie plus tard par la voie motrice, la voie sensitive tactile et musculaire, celle de l'acoustique, les centres du goût et de l'olfaction demeurant en dehors de ces changements, 735-736. — *a. Région tactile et du sens musculaire. b. Voies acoustiques*. L'entre-croisement du corps trapézoïde comparable à celui du chiasma. Décussation partielle des nerfs acoustiques, dont la plus grande portion s'entre-croise dans le bulbe. Chaque hémisphère en connexion avec les deux organes de l'ouïe. *Voies olfactive et gustative*. Résumé, 737. — Les sphères sensorielles et motrices de l'écorce sont symétriques, les centres d'association dynamiquement asymétriques. Importance à cet égard des fibres calleuses et commissurales. L'épaisseur du corps calleux, mesure de la capacité de représentation mentale d'un animal. Existence conjecturale de quatre classes de fibres d'association (Cajal). Mécanismes fixes des centres de projection ; mécanismes plastiques des centres d'association, 737-738.

Fibres d'association. — Nature de ces fibres au regard des fibres de projection. Point de différence quant aux modes d'origine et de terminaison. Les faisceaux de projection ascendants, expression anatomique de l'étendue et de la différenciation des organes périphériques des sens et du développement des appareils moteurs. Les faisceaux d'association, expression anatomique de l'étendue et de la complexité des fonctions de l'intelligence, 738-739.

Fibres commissurales. — Corps calleux. *Forceps anterior* et *forceps posterior*. Provenance et fonctions des fibres calleuses, 739.

Rôle du corps calleux et des fibres d'association d'après Ramon y Cajal. — Raisons nécessitant l'admission des centres d'association de Flechsig. Le siège des sphères sensorielles est bilatéral ou symétrique, celui de leurs résidus, ou des centres d'association, unilatéral ou asymétrique. Les polarisations corticales et le corps calleux, 740-741. — Excitation directe de la face supérieure et d'une surface de section du corps calleux. Situation topographique des fibres du corps calleux dont

différenciées des cellules de névroglie de l'encéphale des Reptiles et des Oiseaux, 770-771. — Prédominance des images optiques de la vie mentale chez les Oiseaux. *Tractus tecto-occipitalis* d'Edinger reliant le mésencéphale au télencéphale. Époque de la myélinisation de ce faisceau. Dégénérescence secondaire à l'ablation du lobe occipital. Vision corticale. L'anatomie comparée fournit les documents d'une paléontologie du cerveau. Développement phylogénique des fonctions de l'innervation supérieure. Marche qu'aurait dû suivre la psychologie physiologique, 772. — Appareil d'accommodation de la rétine chez les Oiseaux. Wallenberg, 773. — Cervelet et moelle épinière des Oiseaux. Edinger, Brandis, Friedländer. *Tractus cerebello-spinalis*, 774-775. — Développement du cervelet correspondant à celui des fonctions de la nage et du vol. Rôle du *vermis* dans la série comme organe de l'équilibration et du tonus musculaire. Rapports des hémisphères cérébelleux et du cerveau antérieur chez les Oiseaux, 775. — Physiologie comparée de l'écorce du cervelet, 775-776. — Représentations motrices des différentes parties du corps. Point de différence spécifique entre les éléments derniers des représentations cérébrales, cérébelleuses et spinales. C'est le degré de complexité, non la nature des éléments concourant à cet événement psychique, qui seul distingue ces représentations. Peu ou pas de rapports connus du cervelet avec les organes des sens spéciaux, mais avec les impressions sensitives, articulaires, etc., des extrémités, du tronc et de la tête transmises par les corps restiformes (cordons postérieurs, trijumeau, nerf vestibulaire, vague, etc.). Connexions du corps denté, par les pédoncules cérébelleux supérieurs, à partir des Sélaciens, avec le noyau rouge et le thalamus, etc. Travaux de Luciani sur les fonctions du cervelet dont les lésions provoquent l'asthénie, l'atonie et l'astasie, non la parésie ni la paralysie. Action bilatérale, mais surtout directe, du cervelet. Connexions prédominantes de chaque moitié du cervelet avec l'hémisphère cérébral opposé et la moitié correspondante de la moelle. Une hémorrhagie, etc., d'un hémisphère cérébelleux produit des troubles surtout homolatéraux. Nature des représentations élémentaires du cervelet ; consciences partielles possibles du cervelet, de la moelle épinière, des ganglions du grand sympathique pouvant retentir jusque dans la conscience télencéphalique du corps et de sa cénesthésie, 777. — Consciences du milieu externe et interne.

Fonctions de la *formatio reticularis*, grand centre nerveux s'étendant de la moelle à la couche optique, où conditions des mouvements automatiques et réflexes innés pour les tendances, appétits, instincts. Excitations du monde extérieur retentissant dans la moelle allongée et réagissant sur le vague, le trijumeau, etc.; mouvements de défense, de protection, etc., consécutifs. Précocité de la myélinisation des éléments de la *formatio reticularis* destinés à subir plus tard les influences d'arrêt du cerveau antérieur. Tendances et impulsions primitives involontaires. Nature psychique de toute manifestation, inconsciente ou consciente, des propriétés du protoplasma. Critique, 778. — Identité fondamentale, quoique de degré différent, des états internes de perception des cellules glandulaires, etc. et du neurone spinal, cérébelleux, cérébral. Nature et mode d'apparition des diverses sortes de conscience, 779. — Représentations élémentaires du *thalamus opticus*, grand relai anatomique, centre réflexe des mouvements d'expression sans concomitant psychologique de représentation consciente. Opinion de Flechsig sur les sensations et sentiments élémentaires qui pourraient exister dans les parties inférieures du cerveau. Le cerveau intermédiaire (thalamencéphale). Cerveau moyen : le toit du mésencéphale n'est pas seulement l'homologue de la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux pour les fonctions centrales de la vision ; ç'a été le siège des fonctions psychiques de la vie de relation quand n'existait pas le manteau nerveux du cerveau antérieur ; dans la série des vertébrés les fonctions du mésencéphale ont émigré dans le télencéphale. Steiner. Neumeyer, 780. — Les faisceaux pyramidaux exceptés, c'est des cerveaux intermédiaire et moyen que provient la majorité des fibres de la couronne rayonnante. Importance des lobes optiques dans la série des vertébrés (Poissons, Oiseaux) et chez les Mammifères, où leur atrophie (tubercules quadrijumeaux antérieurs) coïncide avec le développement des hémisphères cérébraux, 781.

Glande ou corps pinéal. Epiphyse du diencéphale. — L'œil pinéal ou troisième œil des Vertébrés. Sauriens de l'époque actuelle où subsiste la structure, sinon la fonction de cet organe. L'épiphyse des Amphibiens et des Reptiles. L'œil impair, 781-782. — Importance, pour la phylogenèse des vertébrés et la paléontologie cérébrale, de l'œil pariétal des vertébrés atrophié par défaut d'usage. Homologie entre l'œil impair des larves d'Ascidies, la tache pigmentaire de l'Amphioxus et l'épiphyse des Vertébrés. L'œil impair plus ancien que les yeux latéraux, 783 ; 786. — Trou pariétal des Sauriens fossiles du lias et des Amphibiens éteints. Travaux de Graaf sur l'évagination du diencéphale correspondant à l'épiphyse des Amphibiens urodèles et anoures et des Reptiles, 782-783. — Analogue du nerf optique (nerf pinéal ou épiphysaire) d'*Hatteria punctata* étudiée par B. Spencer. L'œil pinéal d'*Hatteria* (cornée, cristallin, choroïde, sclérotique, rétine, couche des bâtonnets, couche des grains externes, couche moléculaire, couche des cellules nerveuses et nerf). Vascularisation abondante de l'organe. *Varanus giganteus*. *Iguana tuberculata*. L'œil pinéal de *Petromyzon*, des Amphibiens, des Sauriens fossiles, formes ancestrales des Reptiles et des Oiseaux actuels, 784.—L'œil pariétal peut fonctionner aujourd'hui encore comme organe de la vue chez les Lacertiens. Wiedersheim, 785-786. — Métamorphose régressive de cet œil chez *Proteus*, les Gymnophiones et les Cyclostomes. Poissons. Histologie de l'épiphyse, 787-788. — Résumé. Anatomie de la glande pinéale de l'Homme, 788-789.

Glande ou corps pituitaire. Hypophyse du diencéphale. — Histoire des origines de la structure et des fonctions du cerveau. Évolution et involution dans le temps des systèmes organiques. L'hypophyse appartient, comme l'épiphyse, au système nerveux central. Lobe antérieur (organe glan-

rébrés. Un chien sans cerveau n'est pas une pure machine réflexe. Entre de purs mouvements réflexes et des mouvements volontaires conscients, point de distinction possible objectivement. Persistance des sensations, des sentiments et des réactions motrices correspondantes chez ce chien et chez d'autres mammifères décérébrés, 816-817. — Critique des phénomènes observés et interprétés par GOLTZ. ZIEHEN. Les mouvements d'expression de la sensibilité organique n'impliquent pas de nécessité l'existence de sentiments correspondants ; les réflexes les plus complexes, devenus automatiques, manquent de processus psychiques parallèles. Maladie des tics, 817. — Lésion de déficit la plus importante résultant, pour GOLTZ, de l'ablation du manteau, 818. — Perte de toutes les fonctions de l'intelligence ; démence. Déments des asiles : hommes sans cerveau. Mammifères à cerveau « pétrifié ». Principe de l'autonomie des fonctions de la moelle épinière et des organes encéphaliques situés en arrière du télencéphale, 819.

Discussion des observations de Goltz. Critiques de Hermann Munk et d'Édinger. — MUNK. Le chien sans cerveau ne pouvait être qu'une machine réflexe, un automate dénué de sensations. Le siège des sensations élémentaires et de leurs perceptions chez les mammifères, l'écorce du cerveau antérieur n'existait plus. Interprétation du réflexe lumineux conservé ; des mouvements réflexes répondant à l'ébranlement de l'air par le son, etc. Confusion de la surdi-mutité avec la mutité des chiens frappés de surdité corticale. Les mouvements de réponse aux excitations tactiles n'étaient que des réflexes communs. Théorie des réflexes communs de protection et de défense, 819-822. — Production de l'hyperexcitabilité réflexe des animaux décérébrés. Mouvements réflexes communs pris par GOLTZ pour des signes de persistance des sensations. EDINGER. L'indépendance relative et l'autonomie, en regard du cerveau antérieur, des centres postérieurs de l'encéphale, de la moelle allongée et épinière, assurent la persistance de la coordination réflexe des mouvements. Caractère de l'état de la sensibilité, des mouvements et de l'intelligence des animaux décérébrés. Différences entre le dément paralytique et l'animal rendu dément. Etat psychique du nouveau-né où l'écorce du cerveau et les centres primaires sous-corticaux ne sont encore reliés que par un petit nombre de connexions, 823-825. — Les centres sous-corticaux ne suppléent pas, chez les Oiseaux et les Mammifères, comme chez les vertébrés inférieurs, les centres corticaux des sensations. Effets différents de l'ablation des lobes occipitaux sur la vision chez le lapin, le chien, le singe, 825.

Effets de la réduction des Mammifères en trois tronçons par excisions répétées de la moelle épinière. — Expériences de GOLTZ et d'EWALD. Etat des fonctions chez les chiens à moelle épinière raccourcie. Survie du chien qui ne possède plus que le cerveau et la moelle allongée. La moelle dorsale, lombaire, sacrée, non indispensable aux processus de la nutrition, de l'innervation vaso-motrice et de la régulation thermique, 826. — Division en trois tronçons : fonctions de l'animal antérieur, moyen et postérieur. Hyperexcitabilité réflexe de la région postérieure du corps. Dégénérescence secondaire des muscles du squelette consécutive aux destructions de la moelle épinière et partant des nerfs moteurs, 827. — Automutilation « par distraction ». Réactions de l'animal antérieur et de l'animal moyen. Nature inconnue des sensations que peut éprouver l'animal moyen, 828. — Persistance des fonctions de la digestion, urination, parturition, lactation, après extirpation de la moelle lombaire et sacrée (avec conservation de la moelle cervicale et d'un bout dégénéré de la moelle dorsale supérieure). Circulation. Sécrétion de la sueur. Innervation du sphincter anal. Trophicité de la peau, 829-830. — Effets du choc traumatique, 831. — Décentralisation des processus vitaux chez les mammifères, 832.

Arrêts de développement et dégénérescence du système nerveux central. — Le pallium ne fait pas absolument partie de la notion du cerveau. Développement du cerveau des Primates, 832-833. — Le cerveau des microcéphales. WILLIS. CARL VOGT. GIACOMINI. Microcéphalie et micromyélie primitive, pure : arrêt de développement du système nerveux central survenu à diverses périodes de la vie embryonnaire. Toujours neurale, jamais ostéale, et ne relève pas de processus pathologiques ni tératologiques comme la pseudo-microcéphalie secondaire, 834-835. — Tous les cerveaux de microcéphales appartiennent au type humain. Caractères ataviques. MARCHAND. PFLEGER et PILCZ, 836-838. — L'arrêt de développement du système nerveux central et périphérique entraîne un arrêt de la myélinisation des fibres nerveuses. Fonctions de la myéline. Diminution de l'excitabilité neuro-musculaire. MIRTO. Altérations anatomiques de l'écorce dans l'idiotie. Types divers de stratifications corticales antérieurs à la description d'HAMMARBERG. Le type à six couches de BEVAN LEWIS distinct du type de MEYNERT par la spécialisation d'une couche de cellules pyramidales de la 4e couche, 839. — Diversité de structure de chaque lobe et de chaque pli de l'écorce. Description d'HAMMARBERG ; numération, mensuration, etc., comparées des cellules nerveuses chez les normaux et les idiots, 840. — Histologie normale et pathologique de l'écorce, 841-842. — Observation clinique et examen macro et microscopique de l'encéphale de l'idiot Olsson, 842-848. — Ecorce frappée d'arrêts successifs de développement ; correspondance des stades d'arrêt anatomique et fonctionnel, 849-850. — Dans toutes les observations cliniques et anatomo-pathologiques, l'écorce avait subi, à un certain stade, quelque arrêt de développement. Interprétation des symptômes cliniques de l'idiotie, 851-852. — Classification des principaux groupes de l'idiotie, 853-854. — Travaux d'histopathologie de l'idiotie antérieurs à ceux d'HAMMARBERG, 854-856. — Myélinisation de l'écorce des cerveaux d'idiots macro et microcéphales. Observations de TH. KAES, 857-858. — Les porencéphalies, 858-860. — Catégories et fonctions des fibres tangentielles. Fibres tangentielles *superficielles* ou zonales. Importance physiologique des fibres du *stratum zonale* (TUCZEK, ZACHER, VULPIUS, KAES, HAMMARBERG). Troubles psychiques

Origine des lobes pariétal, occipital et temporal. — Refoulement en arrière et en bas du reste du manteau, c'est-à-dire du lobe pariétal, par l'effet de l'accroissement du lobe frontal. Scissures sous-pariétale et sous-frontale internes limitant le grand lobe limbique, 892-893. — Les lobes temporal, occipital et pariétal actuels ne sont qu'une subdivision en trois lobes de l'ancien lobe pariétal, 894.

Le lobe occipital. Morphologie comparée. Embryologie et histologie. — Les plis de passage de Gratiolet. L'opercule. Critique d'Ecker, 894. — Développement du lobe occipital chez les Singes et l'Homme, 895 — Le « sillon du singe », 896-897. — *Cuneus*. Rapports de la scissure calcarine avec le nerf optique. Le *calcar avis* ou ergot de Morand. Vascularisation du lobe occipital, 897-899. - Histologie du lobe occipital, 899-901. — L'écorce de la scissure calcarine dans l'anophthalmie et l'atrophie congénitale des bulbes oculaires ; Leonowa. Schéma de Ramon y Cajal. L'appareil nerveux de la vision. Rétine. Nerfs et bandelettes optiques. Cellules d'association. Von Monakow. Protoneurones et deutéroneurones sensoriels et moteurs de la voie optique, 901-902. — Les grandes cellules solitaires du lobe occipital, 903. -- La couche moléculaire et les réactions dites volontaires. Embryogénie des concepts de la métaphysique, 903-904. — Rôle des cellules épithéliales de la rétine et des autres appareils périphériques des sens dans la perception des stimuli externes par les terminaisons nerveuses, 905-906. — Résumé, 906-907.

Critique de l'opposition physiologique établie entre le grand lobe limbique et le lobe frontal avec le reste du manteau. — Antagonisme supposé entre les deux parties du manteau cérébral, l'une « brutale » (le grand lobe limbique), l'autre « intellectuelle » (le reste du pallium). Influences subies par Gratiolet et par Broca touchant la nature du lobe frontal. Les sens et l'intelligence. Nature de l'intelligence, 907-908

Le lobe frontal. — Réaction contre les idées traditionnelles sur la précellence de ce lobe. Meynert, Goltz, Munk, Retzius. Centre d'association antérieur de Flechsig. Origine, limites et morphologie comparée. Les connexions anatomiques des organes du cerveau dominent toute leur physiologie, 908-910. — FA et PA. La scissure présylvienne et le sillon de Rolando. Broca. Eberstaller, 910-911 ; 915. — Critique des hypothèses de Hitzig et de Munk sur les fonctions du lobe frontal et préfrontal. La sphère tactile du tronc, 911-912. — Historique des idées sur le rapport entre le développement du lobe frontal et les fonctions de l'intelligence. Sculpture antique. La forme du front du Jupiter de Phidias, 912-913. — Poids comparé des lobes frontaux ; méthode de division et de pesées séparées des lobes cérébraux de Meynert. Lobes les plus atrophiés dans la paralysie générale (lobe frontal, lobe temporal, insula), la mélancolie (lobe pariétal et temporo-occipital), la manie (lobe frontal ou préfrontal, etc.). Tigges et Jensen. Inégalité de poids des deux hémisphères. Broca, 913-915. — Démonstration de l'homologie de la scissure présylvienne et du sillon de Rolando ; de la branche ascendante postérieure externe du sillon calloso-marginal et du *sulcus cruciatus* des carnassiers. Le sillon crucial sur le cerveau humain. Tous les mammifères gyrencéphales possèdent un lobe frontal. Situation en avant de la scissure de Sylvius et orientation en avant de la scissure de Rolando chez les Mammifères autres que les Primates. Histoire du cerveau frontal et du cerveau pariétal (lobe pariéto-occipito-temporal). Réalité de notre connaissance de l'origine et du développement du cerveau humain, 915-917. — Loi de l'évolution du lobe frontal dans la série des mammifères ; évolution psychique correspondante. Mingazzini et Cunningham Le développement du lobe frontal suivant les sexes et dans les races humaines. Importance pour les fonctions psychiques du langage de la *pars opercularis* de F_3. Hypothèse de Benedikt sur la signification du lobe frontal à quatre circonvolutions chez les criminels. Caractères néo et paléophylétiques du cerveau humain. Les caractères primatoïdes ou néophylétiques, transitoires chez le fœtus humain, permanents chez les Primates, fréquents chez les aliénés et les idiots par arrêt de développement ; les caractères pithécoïdes ou paléophylétiques, rares chez les idiots et les aliénés, sont inconnus chez les criminels, 918-919. — Etude comparée de la valeur morphologique et physiologique des différents parties du cerveau chez le Singe et l'Homme. Marchand. Le langage articulé et la F_3 des Singes. Caractères spéciaux de cette circonvolution chez le Chimpanzé et le Gorille comme chez l'Homme, non chez l'Orang 920. — Le lobe frontal du Chimpanzé, du Gorille et de l'Orang, 921. — Topographie des centres fonctionnels de FA de l'Orang et du Macaque comparée avec celle de l'Homme. Beevor et Horsley. Exner. Excitabilité différente du sommet et du sillon des circonvolutions. Aires inexcitables de l'écorce cérébrale des Singes anthropoïdes et de l'Homme, 921. — Connexions anatomiques du lobe frontal avec le corps strié. Voie cortico-striée. G. Marinesco. N. Schukowski, 922-923. — Fonctions des corps striés. Magendie. Nothnagel. Chez les Poissons sans écorce cérébrale, la production des mouvements volontaires doit être liée aux éléments du ganglion de la base. Réactions motrices centrifuges involontaires, chez les Mammifères et l'Homme, des corps striés aux noyaux du pont par le thalamus, etc. Fibres centripètes du ruban de Reil médian qui s'arborisent dans les dendrites des cellules des corps striés, centres de reproduction inconscients des mouvements volontaires ; noyau caudé et *putamen*, parties de l'écorce cérébrale (développement embryologique et structure anatomique), 924. — Recherches de Rezek. Mémoire de la matière organisée (Hering), 925-926.

Centres corticaux de la tête et des yeux. — Localisés par Ferrier dans les lobes frontaux. Importance de ces centres pour les fonctions psychiques supérieures de l'attention volontaire, etc.

Effets de la stimulation directe du lobe frontal suivant la position des électrodes, 926-927. — Stimulation indirecte des mêmes centres par l'excitation des aires de sensibilité générale et spéciale. Effets de l'excitation et de la destruction des régions préfrontales. Fonctions connues du lobe frontal liées à FA, F_3 et à la région postfrontale en rapport avec les mouvements de la tête et des yeux. Nature du *signal symptom* (HORSLEY) et des convulsions généralisées dans l'épilepsie corticale du lobe frontal, 928. — Paralysie des mouvements latéraux de la tête et des yeux, des paupières et des pupilles, dans la destruction pathologique ou expérimentale, uni ou bilatérale, des parties du lobe frontal en avant du ***sulcus praecentralis*** (aire postfrontale). Effets de la destruction bilatérale de la région préfrontale : paralysie des mouvements latéraux des yeux et de la tête, 929. — Les régions post et préfrontales formeraient les parties d'un même centre ; FERRIER. Les faisceaux moteurs des lobes frontaux qui dégénèrent ensuite (capsule interne et pied du pédoncule) ne descendent pas dans la moelle épinière ; ils se terminent dans les centres du métencéphale ou du bulbe où sont les noyaux et les nerfs moteurs de la tête et des yeux, 929-930. — Les altérations secondaires de l'écorce cérébrale consécutives aux lésions de la moelle épinière font défaut dans les lobes frontaux antérieurs. CENI. Dégénération secondaire descendante après l'extirpation des lobes frontaux. BIANCHI. Dégradation mentale (perte de l'attention, etc.) et altération du caractère chez l'animal et l'homme après la destruction des lobes frontaux. FERRIER, HORSLEY et SCHÄFER. (Cf. observ. de GOLTZ, 1005, de HITZIG, de L. BIANCHI, 989, de L. WELT, 1009). Mais point de siège spécial de l intelligence ; substrata des opérations mentales, 930-931. — Expériences d'E. A. SCHÄFER. Localisation, sur la circonvolution marginale, des centres de la jambe, du tronc, du bras et de la tête (yeux, paupières, pupilles). Centre marginal des mouvements de rotation et de courbure de la colonne vertébrale étendu, sur la convexité, au bord de F_1, en avant de l'angle du sillon précentral. Caractère de mouvements volontaires des mouvements provoqués par l'excitation électrique des centres du tronc, des extrémités, etc., 931-934. — Mécanismes préformés de mouvements adaptés d apparence volontaire dans la moelle épinière. Expériences d'EXNER. Ecrevisses, Grenouilles, Serpents, Dromadaire, 935. — Même ordre et succession des mouvements provoqués et naturels ou volontaires. Disposition des centres déterminés sur le ***gyrus marginalis*** par HORSLEY et SCHÄFER, 936 ; 948. — Aires motrices du tronc, de la tête et des yeux, 937. — Doctrine sur la nature des différents centres corticaux. Centres frontaux et occipitaux des mouvements des yeux ; leurs différences. Démonstration expérimentale de SCHÄFER, 938-940. — L'existence de centres multiples d'innervation motrice des globes oculaires et la rareté relative des ophthalmoplégies d'origine corticale au regard des hémiplégies des extrémités et de la face. Prépondérance du lobe frontal et des centres d'innervation volontaire de l'œil, de la tête et du tronc chez l'Homme, mammifère à marche et station verticales. Rapport des mouvements de la tête et des yeux avec les fonctions supérieures de l'entendement, 941. — Expériences de SHERRINGTON sur les centres fonctionnels des mouvements des yeux ; corrélation d'action des muscles droits internes et externes antagonistes des mouvements des yeux. Expériences de CHARLES BELL. Action d'arrêt obtenue par l'excitation des centres moteurs corticaux des yeux, soit frontaux, soit occipitaux et sous-corticaux, 941-943. — Expériences de RISIEN RUSSELL sur les mouvements des yeux. Lésions combinées du cervelet et des aires motrices du cerveau pour les divers mouvements des yeux : les lobes latéraux du cervelet et ces aires motrices exercent une influence antagoniste sur les muscles oculaires. Influence directe et indépendante du cervelet sur ces muscles. Représentations sur les aires corticales des yeux de tous les mouvements des globes oculaires, et non pas seulement des mouvements latéraux, prédominants seulement. HUGHLINGS-JACKSON, 944-945. — Ordre ou arrangement relatif dans la capsule interne des fibres de la région fronto-pariétale du cortex déterminé expérimentalement par BEEVOR et HORSLEY. Trajet horizontal du faisceau préfrontal dans la partie antérieure de la capsule, 945-946. — Questions relatives à l'unilatéralité ou à la bilatéralité de chaque hémisphère, et en particulier des aires motrices des muscles oculaires, de la tête, du tronc et de la nuque, etc., 946-947. — Centres de la circonvolution marginale, 948. — Centre cortical de la déviation conjuguée des yeux et de la tête, 948-949. — Le gyrus angulaire. Critique de WERNICKE, LANDOUZY, GRASSET, 950-951. — Il s'agit, dans les lésions du lobule pariétal inférieur produisant la déviation conjuguée, d'un symptôme indirect de lésion en foyer, 952. — Le *gyrus subangularis* de FLECHSIG, 953. — Pas de représentation bilatérale du mouvement de déviation conjuguée des yeux dans l'aire frontale (BEEVOR et HORSLEY). Aires motrices du tronc et de la nuque, 954-955. — Expériences de MUNK, d'UNVERRICHT, de GROSGLICK, etc., 956-958 ; 963. — Physiologie du lobe frontal. Centres d'arrêt ou d'inhibition, 958-959. — Localisation dans ce lobe des centres de la nuque et du tronc du côté hétérolatéral ; mouvements latéraux de la colonne vertébrale. Accord et différence des expériences de GROSGLICK et de MUNK, 959-960. — Indépendance de la perte des mouvements relevant d'un territoire moteur et des images mentales correspondantes. Persistance des représentations des mouvements voulus chez l'animal opéré des aires motrices et chez l'homme hémiplégique. Compensation des troubles des centres de la nuque et du tronc, 961. — Interprétation physiologique des effets contraires de l'extirpation des lobes frontaux et du gyrus sigmoïde, 962-963. — Expériences de ROTHMANN sur les centres de la musculature du tronc de la sphère tactile corticale de MUNK, 963-965. — Conclusions. Existence probable de quelque station nucléaire intercalée dans le mésencéphale sur la voie du lobe frontal aux muscles croisés du tronc, 966. — La bilatéralité fonctionnelle des aires motrices du tronc contredite par les faits : unilatéralité de cette représentation. Mouvements bilatéraux parfaits et mouvements bilatéraux imparfaits, 967. — Situation intermédiaire des faisceaux du tronc dans la capsule interne comme sur

la circonvolution marginale entre les conducteurs et les aires motrices des extrémités. Expériences sur l'Orang-Outang. Concordance des aires motrices et des fibres capsulaires, 967-968.

Aires corticales d'innervation des muscles du larynx et du pharynx. — Hypothèse de Munk sur la localisation du centre cortical d'innervation des mouvements volontaires du larynx vérifiée par H. Krause. Aires de Krause. Centres des mouvements du larynx et du pharynx (premier temps, volontaire, de l'acte de la déglutition) sur le pied de la circonvolution précruciale, 968-969. — Centre d'adduction bilatérale des cordes vocales (fermeture de la glotte), centre de projection, non d'association, comme le centre de l'aboiement, fonction de relation, acquise comme le langage. Dans les régions désertes, les chiens n'aboient pas ou cessent d'aboyer. Linné. P. Bert. Romanes, 970. — Centre cortical de l'aboiement, centre de vocalisation du langage; D. Ferrier. Expériences de Bouillaud, de Duret, 971-972. — Dualité des fonctions du larynx comme organe de phonation et de respiration laryngée, l'une essentiellement volontaire, l'autre surtout automatique. Aires corticales des muscles adducteurs et abducteurs du larynx. Tonus réflexe des muscles abducteurs nécessaire à la continuité d'action du mécanisme de la respiration, 973. — Expériences de Masini; hypothèse d'une action prédominante d'un hémisphère sur la corde vocale opposée au centre excité ou détruit, 974. — Expériences de Klemperer. La paralysie corticale du larynx, 975-976. — Centre de la phonation et de l'adduction des cordes vocales d'Onodi comprenant les tubercules quadrijumeaux postérieurs, 976-977. — Centre de la voix et de la phonation localisé dans les tubercules quadrijumeaux postérieurs par Bechterew, 977. — Les tubercules quadrijumeaux centres de l'audition, de la phonation, des mouvements réflexes de l'ouïe et de la vue. Innervation par les collatérales des fibres dont les cellules d'origine sont dans les tubercules quadrijumeaux antérieurs, en rapport avec la rétine, des cellules radiculaires des nerfs moteurs des muscles de l'œil (oculo-moteur commun, pathétique, oculo-moteur externe). Les tubercules quadrijumeaux postérieurs centre réflexe de l'audition. Troubles de l'équilibre et de la locomotion consécutifs aux lésions de ces ganglions, en particulier des contractions des muscles du larynx en relation avec la phonation, et de tous les modes d'expression des émotions et des sentiments par la voix, 978. — Expériences et observations cliniques de Semon et Horsley. Pas de paralysie unilatérale d'une corde vocale par lésion d'un hémisphère cérébral; les mouvements des cordes vocales conservés dans l'aphémie et l'hémiplégie. Distinction de l'aphonie et de l'aphasie motrice. Dans les affections irritatives unilatérales de l'aire du larynx, spasme de la glotte ou adduction bilatérale des cordes vocales. *Laryngismus stridulus*, affection de l'écorce comme l'épilepsie jaksonienne, 979. — Représentation bilatérale des images kinesthésiques des mouvements d'adduction des cordes vocales. Expérimentale ou pathologique, l'irritation unilatérale de l'aire du larynx détermine une adduction des cordes vocales. Pas de paralysie des cordes vocales après l'ablation de tout un hémisphère. Localisation chez le Singe et l'Homme de l'aire corticale des muscles phonateurs (FA et F_3), 979-980. — Dejerine. Simerka: la rareté de la paralysie corticale des adducteurs due à l'innervation bilatérale de chaque corde du larynx par chaque hémisphère. L'aire corticale de la représentation absolue des cordes vocales délimitée par Semon et Horsley, 981. — Caractère vrai de bilatéralité fonctionnelle de ces mouvements ainsi que de ceux de la mastication, de la déglutition, non de ceux du tronc, des yeux, de la tête, de la langue. Représentation bilatérale imparfaite des mouvements des paupières, du voile du palais, de la bouche, des lèvres. Observations de Darwin sur les anthropoïdes relativement aux mouvements des lèvres dans les actes exigeant de l'attention, 981-982. — Expériences de Beevor et Horsley démontrant, après incision par la ligne médiane de la langue, l'existence de représentations bilatérales et unilatérales des mouvements de cet organe, 983. — Représentations corticales de la mastication (seule action vraiment rhythmique) et de la déglutition, 984-985. — Centres corticaux de la phonation et de la respiration laryngée. Accélération des mouvements respiratoires des cordes vocales accompagnée des mouvements correspondants du thorax et de l'abdomen (polypnée) par excitation du gyrus précrucial au-dessus du centre des mouvements d'adduction des cordes vocales: celles-ci sont alors en abduction. Explication du cri épileptique par Semon et Horsley (1889): c'est, non une décharge partie primitivement de la moelle allongée, mais un moment ou stade de l'excitation corticale appelée épilepsie. Point de convulsions épileptiques des muscles du larynx déterminée par l'excitation des fibres de la couronne rayonnante ou de la capsule interne après ablation de la substance grise corticale. Dans le cri épileptique la représentation des mouvements d'adduction des cordes du larynx est nécessaire, 986-987. — Développement tardif des lobes frontaux. Les symptômes de leur évolution régressive sont analogues à ceux qui résultent de leur ablation: perte de l'attention, affaiblissement de l'intelligence, altération du caractère. Crichton-Browne, 987. — Pouvoir d'arrêt et de modération des lobes frontaux. David Ferrier, 988. — Expériences d'ablation du lobe préfrontal: L. Bianchi. Nombre restreint des fibres de projection; vaste couronne rayonnante s'étendant à toutes les aires sensitives et sensorielles de l'écorce. Dans le lobe frontal, synthèse physiologique de tous les éléments d'une personnalité; des lois de l'association. Pouvoir régulateur du lobe frontal, organe le plus immédiat de la conscience, 989. — Pour déterminer la zone préfrontale, Bianchi n'a pas observé les limites naturelles des sillons. Idées de Schäfer sur les limites véritables des aires fonctionnelles de l'écorce. Idées d'Eberstaller sur le mode de production des circonvolutions cérébrales; la fonction a créé l'organe; la formation et la direction des scissures résultent de l'extension croissante de la surface de l'écorce, non de l'établissement de frontières entre territoires physiologiquement différents, 990. — Les désordres de l'intelligence sont proportionnels à l'étendue des lésions du lobe frontal. Désagrégation consécutive de la personnalité, ruine de la base

anatomique et des conditions physiologiques du jugement. Confusion mentale, incohérence ; démence des singes opérés par Bianchi rapprochée par Tamburini de celle des paralytiques généraux, dont la région préfrontale est toujours affectée. Peur, impulsions, 991. — Critique des doctrines de Ferrier et de Bianchi sur les fonctions du lobe frontal, 992-993. — Influence inhibitrice des zones préfrontales sur les centres de la moelle épinière par la voie des cordons antéro-latéraux ; la section des cordons postérieurs n'influence pas la production du phénomène. Expériences de R. Oddi, G. Fano, G. Libertini. Ce pouvoir inhibiteur de l'écorce cérébrale, prédominant dans le lobe frontal, diminue de plus en plus dans le lobe occipital et la région pariéto-temporale. Nature et mode de production de l'action d'arrêt. Il s'agit, non d'une fonction spéciale du système nerveux central, mais du passage d'un courant nerveux à travers plusieurs ganglions ou relais intercalaires impliquant retardement. Caractère de psychicité élevé de ces fonctions inhibitrices au maximum là où on localise les fonctions les plus élevées de l'intelligence, 994-998.

Hypothèses de Flechsig sur les fonctions des lobes frontal et pariétal, du lobe ou circonvolution du corps calleux et du lobe de l'hippocampe. — Centres intellectuels ou organes de la pensée. Rapports des circonvolutions orbitaires et des circonvolutions centrales, et peut-être de toutes les sphères de la sensibilité générale et spéciale, avec le centre frontal d'association. Signification de la hauteur du front, 998-999. — Le développement des régions antérieures du cerveau humain résulte de celui de la sphère tactile du corps dépassant en étendue tous les autres territoires de la sensibilité. Chez les mammifères macrosmatiques, c'est le grand lobe limbique qui l'emporte absolument en étendue. La moitié antérieure du *gyrus fornicatus* (lobe du corps calleux de Broca) peut être le substratum d'un sens chimique, du goût, qui, comme l'odorat, fait bien partie (rapports avec le Ve paire) de la sphère de la sensibilité générale du corps, 1000. — Le *gyrus fornicatus* appartient en grande partie à cette sphère, Douleur. Instinct sexuel. Fonctions de la circonvolution de l'hippocampe rattachée à la sphère de la sensibilité générale et de l'olfaction. Sensations de la faim. Opposition de Flechsig aux doctrines de l'Ecole anglaise sur la localisation du sens musculaire, etc. dans le *gyrus hippocampi*, 1001.

Rapports du lobe pariétal avec le développement supérieur de l'intelligence. Psychologie pathologique du lobe frontal. — Grand centre d'association pariéto-occipito-temporal de Flechsig. Développement considérable des circonvolutions pariétales chez tous les hommes de génie, en particulier chez les artistes. Conditions anatomiques différentes du génie scientifique et artistique. Gauss. Richard Wagner. Beethoven. J. Seb. Bach. Etc. Etudes contemporaines d'organologie cérébrale : Rud. Wagner, Rüdinger, Kupffer, His, Flechsig, Retzius, 1002. — Travaux et doctrine de Rüdinger sur l'activité cérébrale particulière à l'homme ayant entraîné le développement en surface du lobe pariétal, surtout frappant chez les intelligences supérieures, 1003. — Dispositions psychiques relevant des centres d'association frontal et pariétal. Travaux artistiques d'aliénés peut-être dus à des processus d'irritation des régions postérieures du cerveau. Le dessin, la sculpture, la gravure, langage figuré d'états émotionnels définis. L'œuvre d'art, comme l'écriture, élément de diagnostic pour la connaissance du caractère, des tendances, de la vie affective et intellectuelle de l'individu. Les graphismes sont au scripteur, dessinateur, etc. ce que les sphygmogrammes et les cardiogrammes sont à l'état du pouls et du cœur. Les termes du problème de la graphologie, étude encore sans méthode scientifique. Point de centre spécial et absolument indépendant des images motrices graphiques, 1004-1005. — Perte du pouvoir d'arrêt des réflexes bulbaires et spinaux, sans paralysie, après la destruction des lobes antérieurs du cerveau. Expériences de Goltz. Doctrine des phénomènes d'arrêt et des phénomènes de déficit, 1005. — Modifications profondes du caractère de nature absolument opposée par l'ablation des régions antérieures (fronto-pariétales) ou postérieures du cerveau. Hypothèses anatomiques et physiologiques pour expliquer l'hyperexcitabilité et l'absence de contrôle ainsi que la violence des réflexes incoercibles par défaut des fonctions d'inhibition dans le premier cas. L'ancienne zone frontale antérieure de Flechsig limitée au sillon précentral, en avant de FA, origine des voies motrices directes, reliée au thalamus, au pont de Varole et aux hémisphères cérébelleux, régions particulièrement en rapport avec la moelle, et dont le développement va de pair avec celui du lobe préfrontal, 1006-7. — Mêmes phénomènes d'excitation, de violence, d'altération du caractère (caractère irritable) chez l'homme dans les lésions du lobe frontal. Cas du mineur américain relaté par Ferrier, 1007-8. — Expériences de Cl. de Boyer. Modifications du caractère de chiens opérés de ce lobe. Référence aux expériences de Ferrier sur les singes où le changement de caractère dans les mêmes conditions est signalé, 1008. — Accord des expériences et observations de la physiologie cérébrale avec la pathologie mentale. Cas de Fr. Binz publié par L. Welt. Symptomatologie comparée des lésions des circonvolutions orbitaires (F_1). 1009-10. — Troubles psychiques servant à diagnostiquer le début des tumeurs cérébrales du lobe frontal ou préfrontal. Oppenheim, Williamson, L. Bruns. Valeur du diagnostic psychique des lésions en foyer du lobe frontal. Dans la plupart des cas de tumeurs du lobe frontal, et dès le début, une altération des fonctions psychiques ou une psychose a été constatée ; ces troubles psychiques doivent être particulièrement précoces pour être attribués au lobe frontal, car ils existent dans les néoplasies d'autres territoires du cerveau. Signes cliniques permettant de distinguer une altération psychique due à une tumeur du lobe frontal de celle résultant d'un néoplasme du lobe temporal ou occipital, 1011-12. — Caractère des anomalies psychiques relevées dans les tumeurs du lobe frontal, 1013. — Cas recueillis par Jastrowitz de démence avec excitation gaie ou sarcastique (*moria*) dans les tumeurs du

lobe frontal. Cas de BARADUC, 1014-15. — BRUNS. Symptômes de mélancolie. Point de paralysie franche dans les lésions en foyer de la région prérolandique ; troubles de l'odorat et de la vue par action indirecte ou directe sur l'olfactorius ou l'opticus, 1015-16.

CENTRES MOTEURS. — CENTRES SENSITIVO-MOTEURS.

Nature des centres moteurs. — Après l'ablation exacte des aires motrices corticales du Lapin ou du Chien, point de paralysie motrice des mouvements automatiques, réflexes, associés, dont l'intégrité des centres bulbo-médullaires est la condition suffisante, mais perte de la motilité volontaire. Interprétation d'HITZIG. Paralysie motrice du Singe après l'ablation unilatérale d'un centre moteur, 1017-19.

Motilité volontaire et sensibilité générale. — Théories explicatives des troubles de la motilité consécutifs à la destruction des centres moteurs. Théorie de SCHIFF : ces troubles, véritable ataxie locomotrice, étaient secondaires à une anesthésie cutanée ou paralysie de la sensibilité tactile. Centre réflexe sous-cortical, puis cortical, des perceptions tactiles. Conservation de la sensibilité à la pression et à la douleur. Thermoesthésie. Interprétation de FRITSCH et HITZIG ; sens ou conscience musculaire. Les doctrines de SCHIFF et d'HITZIG conciliées par GOLTZ. Théorie de FRANÇOIS-FRANCK : la zone motrice assimilée à une surface sensible dont les réactions seraient analogues à des réflexes et auraient pour appareils d'exécution les centres moteurs bulbo-médullaires. Physiologiquement, le faisceau pyramidal est un faisceau afférent. GLEY, 1019-21.

Théorie de D. Ferrier et de ses élèves sur la localisation fonctionnelle des représentations corticales de la motilité et de la sensibilité générale. — La théorie motrice pure des fonctions de la région centrale ou rolandique de l'écorce cérébrale. Réaction en Angleterre et en Amérique. BASTIAN. BAIN. DANA. Dernière expression de la doctrine de FERRIER, 1022. — Localisation de la sensibilité générale (tactile et musculaire) dans la région de l'hippocampe (corne d'Ammon et *gyrus hippocampi*). Etendue chez le Singe, par HORSLEY et SCHÄFER, au *gyrus fornicatus* (circonvolution du corps calleux). Anesthésie et analgésie du côté opposé du corps consécutives aux lésions du grand lobe limbique, 1023. — Un lobe falciforme compenserait la perte des fonctions sensitives de l'autre. Critique des expériences sur lesquelles sont fondées les doctrines de l'Ecole anglaise sur la dualité des centres de la motilité et de la sensibilité. H. MUNK, 1024-25. — Etude des dégénérations descendantes consécutives aux lésions du *gyrus marginalis* et du *gyrus fornicatus* chez les animaux opérés par HORSLEY, SCHÄFER, etc. FRANCE, 1025-26. — Aucune preuve clinique à l'appui de l'hypothèse de FERRIER et de ses élèves. La démonstration expérimentale complète manque même toujours, 1027. — Sièges distincts des centres du sens musculaire, qui fait partie de la sensibilité générale, et des centres moteurs. L'idée d'un mouvement et son exécution, 1027-28. — Localisation du sens musculaire dans le lobe pariétal ; NOTHNAGEL. HORSLEY, SCHÄFER, BEEVOR, HUGHLINGS JACKSON, CH. BELL n'ont pas cru ou ne croient plus purement moteurs les centres moteurs. Localisation du sens du mouvement (*Kinaesthesis*) et de la représentation kinesthésique dans la région rolandique (FA) d'où partent les réactions cortico-spinales et musculaires. CH. BASTIAN, 1028-29. — Analyse des processus des mouvements volontaires par HORSLEY. Association étroite des centres kinesthésiques et visuels. La sensibilité tactile, les sensations musculaires, articulaires, etc., et les représentations des mouvements volontaires coexistent dans la zone rolandique. Fin des idées « séparatistes » ou de l'hypothèse de centres distincts de sensibilité et de motilité, 1030. — Le lobe limbique reste encore toutefois pour HORSLEY la principale station, distincte des centres kinesthésiques, des perceptions de la sensibilité, 1031-32.

L'oscillation négative du courant nerveux ou musculaire appliquée, comme les méthodes d'extirpation et d'excitation, à la détermination expérimentale des centres fonctionnels du système nerveux central, 1032-33.

Détermination de la localisation et investigation expérimentale des centres fonctionnels corticaux et sous-corticaux par la méthode galvanométrique. — R. CATON (1875). DANILEWSKY (1876, 1891). FLEISCHL (1883). HORSLEY et BEEVOR. GOTCH et HORSLEY (1888, 1891). CYBULSKI (1888). BECK (1890) La méthode galvanométrique permet de déterminer les aires fonctionnelles du cortex où se projettent les différentes excitations périphériques des organes des sens ; celles-ci ne sont suivies pendant la narcose d'aucune oscillation du galvanomètre ; l'aiguille, au réveil, dévie de nouveau. Délimitation des centres de la vision, etc., 1033-35. — Expériences de DANILEWSKY. Les phénomènes électro-moteurs résultant des excitations périphériques signes objectifs de processus psychiques connus subjectivement comme sensations, hallucinations, émotions, etc., 1035-36. — Recherches de GOTCH et HORSLEY sur les phénomènes électro-moteurs de la moelle épinière à la suite de l'excitation du cortex ; variations négatives. Activité fonctionnelle des centres nerveux. *Cortex*. Période latente. Excitabilité. Mode, nature et relation de la décharge avec les parties du corps. *Couronne rayonnante. Capsule interne. Moelle épinière*, 1037-39.

Unilatéralité et bilatéralité fonctionnelles des hémisphères cérébraux. — Doctrine de GOLTZ. BROWN-SÉQUARD. GOTCH et HORSLEY, 1038-40. — Expériences d'excitation et d'ablation du

Théorie d'Exner sur la nature des centres moteurs de l'écorce. — Les centres de la motilité et de la sensibilité tactile se confondent. Bilatéralité fonctionnelle de chaque zone excitable de l'écorce. Méthode des cas négatifs et des cas positifs d'EXNER pour déterminer la nature et le siège des fonctions cérébrales. Centres absolus et centres relatifs, 1067-69. — Empiètement des aires corticales les unes sur les autres. Extension plus grande des centres des extrémités sur l'hémisphère gauche. Pour les fonctions sensorielles au contraire importance prédominante de l'hémisphère droit. Innervation motrice dans l'hémisphère non seulement opposé, mais correspondant, des muscles à réaction synergique et symétrique. Unilatéralité réactionnelle des pupilles chez un grand nombre de vertébrés (oiseaux, mammifères). La section du nerf laryngé supérieur paralyse une moitié du larynx ; paralysie du mouvement consécutive à la perte des excitations sensitives et sensorielles, 1069-70. — Mécanisme de la sensomobilité. Mouvements purement réflexes ; mouvements instinctifs ; mouvements volontaires.

Doctrine de la sensomobilité d'Exner. — I. MOUVEMENTS RÉFLEXES. — Ouverture du pylore, contraction de la pupille. Clignement des yeux ; localisation de ce réflexe. Synergie fonctionnelle des deux noyaux du facial chez l'homme : indépendance fonctionnelle des deux noyaux chez les mammifères inférieurs : unilatéralité de la réaction pupillaire. Réflexes tendineux ; voies courtes de la moelle épinière. Mouvements réguliers de course après décollation de mammifères. Réflexe de la déglutition ; empêché par l'anesthésie locale du pharynx, 1070-71. — II. MOUVEMENTS INSTINCTIFS. — Toutes les formes de mouvements (mouvements des yeux, de la face, de la mastication, de la locomotion, etc.) dont la section ou la destruction des nerfs de la sensibilité détermine la perte. CH. BELL. MAGENDIE. Rides des visages exposés aux intempéries, contractions réflexes nées des mouvements de protection instinctive des yeux ; anesthésique, une moitié du visage resterait lisse, 1072-73. — Théorie de l'origine des erreurs générales dégagée de la considération des réflexes instinctifs. Le caractère de finalité étroite de ces réflexes, adaptés en vue des cas les plus généraux, devient nuisible ou absurde dans tel cas particulier. Nos jugements restent dominés par la puissance de sentiments et d'idées héréditaires. Entre les actes instinctifs et les jugements communs et la pensée consciente, point de limites tranchées. Le réflexe demeure le type des processus d'association d'où résulte la pensée. L'opposition nécessaire de mécanismes réflexes à d'autres mécanismes réflexes crée l'illusion de la direction des pensées. Ce n'est pas nous qui sentons, jugeons, pensons. Il faut dire : « Il sent », « il pense en moi ». Les opérations de la raison chez le savant, le philosophe et l'artiste. Le poids des arguments. Nous ne pouvons qu'assister au spectacle de notre vie psychique (pensées, sentiments, actions), 1073-74. — III. MOUVEMENTS VOLONTAIRES. — Toujours réflexes et instinctifs en réalité. Les mécanismes de la sensomobilité des centres corticaux substitués, quant à la régulation, à ceux des centres sous-corticaux. La régulation motrice corticale a lieu aussi sous le contrôle des organes des sens. L'oreille et les mouvements du langage articulé, 1074. — Mécanisme des mouvements volontaires étudié au moyen de la méthode d'isolement des centres moteurs par section circulaire des fibres d'association et section sous-jacente des fibres de projection. VARETH. PANETH. FRANCK et PITRES. MARIQUE. EXNER. Les actes volontaires ne sont que des réflexes cérébraux ; comparés aux réflexes spinaux. Idée générale des processus nerveux de l'écorce ressortant des travaux d'EXNER. La diversité fonctionnelle des différents territoires corticaux, dont la structure histologique est partout à peu près semblable, dépend des connexions avec la périphérie. Les désordres moteurs consécutifs à la destruction des territoires absolus ou relatifs sont les uns définitifs, les autres susceptibles d'amendement. Ce qui est vrai des territoires corticaux de la motilité, c'est-à-dire de la sensibilité générale, l'est pour ceux de la sensibilité spéciale. Aux paralysies correspondent les anesthésies ; aux convulsions (épilepsies partielles, etc.), les hallucinations, 1075-77.

Centres kinesthésiques de Bastian. — Vérification du principe de la sensomobilité. Les paralysies des mouvements de la parole résultent aussi bien des lésions du centre de l'audition verbale que de celles du centre glosso-kinesthésique (circonvolution de BROCA), siège des sensations, perceptions et images des mouvements de la langue, du larynx, etc., dans l'articulation. Rôle de la sensibilité générale et spéciale dans le mécanisme des aphasies. L' « amnésie » de BASTIAN. Bilatéralité des mécanismes de l'audition et de l'articulation verbales, 1077-79. — La cécité verbale domine les troubles de l'écriture (*agraphie*) comme la perte des images tonales et kinesthésiques des mots ceux de l'articulation (*paraphrasie, aphémie*). Localisation du centre des mouvements de l'écriture ou chirokinesthésique dans la partie moyenne des circonvolutions rolandiques (EXNER, CHARCOT). Mécanisme de la *lecture* à haute voix, de la répétition des lettres, des mots, 1080. — Localiser dans les centres de sensibilité générale et spéciale l'excitation initiale nécessaire à la production des mouvements. La destruction du centre de la vision verbale gauche paralyse les mouvements de l'écriture. Les faisceaux sensitifs s'irradient en arrière des territoires moteurs : ANTON. Ceux-ci, pour fonctionner, doivent être actionnés par des excitations venues des aires sensitives et sensorielles. Suppléance des aires sensitives par la vue, 1081 ; 1095, 1098. — Complexité extrême des sensations et des images motrices préexistant dans l'organe de l'association à la possibilité de tout acte volontaire et conscient, 1081. — Double représentation, selon BASTIAN, des divers modes de la sensibilité générale dans deux territoires corticaux : 1° dans les aires rolandique et marginale, aires kinesthésiques de BASTIAN ; 2° dans le lobe limbique (*gyrus hippocampi* et *gyrus fornicatus*), zones fonctionnelles du toucher et de la sensibilité générale. Aperçu des idées actuellement divergentes de l'École anglaise à ce sujet. FERRIER. HORSLEY. SCHÄFER. MOTT. DANA, 1082-83. — Les sensations de la peau, des muscles, ligaments, aponévroses, tendons surfaces articulaires formant un faisceau d'impressions résultant du mouvement, des sensations kines-

thésiques (*sense of movement*), signe d'un événement moteur antérieur. Ces sensations kinesthésiques, internes par rapport à celles qui les provoquent, aux sensations externes (olfactives, lumineuses, acoustiques, sapides, tactiles), incitatrices du mouvement, dirigent, modèrent, adaptent les mouvements actuels ou remémorés, déterminés par les sens spéciaux. Si le lobe limbique est le principal registre du tact et de la sensibilité générale, les aires rolandique et marginale sont les sièges d'enregistrement des impressions kinesthésiques où entrent les sensations énumérées, 1084. — Paralysies organiques et fonctionnelles. Pathogénie vaso-motrice des lésions fonctionnelles du mouvement et de la sensibilité. Paralysies hystériques attribuées aux lésions de la « volonté ». Entité mystique de la vieille notion de l'hystérie. Ruine des légendes de guérisons instantanées d'anciennes paralysies du mouvement et de la sensibilité. CHARCOT et BASTIAN, 1085 ; 1089. — A. Paralysies fonctionnelles de type cérébral. Altérations de l'activité fonctionnelle de l'aire kinesthésique des circonvolutions rolandiques. Exemple de monoplégie brachiale traumatique relevant de l'inertie fonctionnelle des centres kinesthésiques, de l'abolition des conditions de réveil des impressions antérieures de cet ordre. Anesthésie kinesthésique. Amnésie kinesthésique, 1086 ; 1095. B. Paralysies fonctionnelles du type capsulaire. C. Variétés de paralysies associées. D. Paralysies par lésions fonctionnelles des faisceaux efférents des voies des pyramides à leur passage dans la couronne rayonnante, la capsule interne, 1087-88. — Le mutisme hystérique. Variations de la doctrine de CHARCOT. Paralysies du mouvement et de la sensibilité *dependent on idea* (RUSSEL REYNOLDS). Guérison des plaies, œdèmes, ulcères et tumeurs dont l'étiologie est de même nature que les anesthésies, paralysies, contractures hystériques. « La foi qui guérit. » CARRÉ DE MONTGERON. L'atrophie musculaire dans la paralysie et la contracture hystérique, 1089. — Névroses traumatiques et traumatismes psychiques. Etiologie psychique des paralysies hystéro-traumatiques. OPPENHEIM et CHARCOT, 1090. — Interprétation des symptômes cliniques de l'hystérie par STRÜMPELL. Erreur de l'opposition élevée entre les affections fonctionnelles et organiques du système nerveux central. AXENFELD. GOWERS. WERNICKE. Etiologie des paralysies hystériques selon LÖWENFELD, 1091. — Nature de l'hystérie : « une maladie mentale ». CHARCOT. PIERRE JANET, P. BLOCQ. S. FREUD. Stigmates. Les altérations de l'intelligence, comme celles de la sensibilité et de la motilité, relèvent de troubles généraux de la nutrition, que ces troubles soient effet ou cause d'une disposition héréditaire, congénitale ou acquise, du système nerveux central, 1092. — Variation de la doctrine de BASTIAN sur le mutisme hystérique, lésion fonctionnelle du centre de BROCA. L'aphonie et l'aphasie hystériques, affection fonctionnelle bilatérale du centre du langage. Les différents types de paralysie fonctionnelle dépendent du siège de l'affection centrale. L'hystérie n'est pas autrement « simulatrice » ; le mot hystérie non synonyme de « fonctionnel » ; espèce et genre. Classification de BASTIAN des paralysies fonctionnelles : I. Paralysies fonctionnelles d'origine cérébrale. II. Paralysies fonctionnelles d'origine spinale, 1093. — Réaction de CHARCOT contre la tendance à considérer comme hystérique, c'est-à-dire d'origine corticale, toute hémianesthésie totale. Hémianesthésie capsulaire ; lésions du carrefour sensitif. TÜRCK et CHARCOT. Observations d'hémianesthésie sensitivo-sensorielle dans l'hémiplégie capsulaire, 1094. — Les symptômes des maladies purement fonctionnelles ne sauraient différer qu'en degré, non en nature, des affections organiques correspondantes. Possibilité d'un diagnostic topographique des névroses. Les troubles fonctionnels du système nerveux central occupent les mêmes régions, provoquent les mêmes symptômes, par le même mécanisme, que les maladies organiques. Localisations cérébrales et spinales des affections hystériques, 1095. — Paralysies fonctionnelles d'origine spinale. Expériences de MOTT et de SHERRINGTON sur l'importance des sensations pour la production des mouvements volontaires. Interprétation de ces expériences par BASTIAN : le singe était incapable d'actionner volontairement les centres moteurs spinaux par le défaut des excitations (section des racines spinales postérieures) qu'apportent à l'état normal les collatérales réflexes aux cellules motrices radiculaires. L'abaissement du tonus musculaire des extrémités ne permettait plus aux centres spinaux des extrémités de réagir aux incitations d'origine corticale. Point de lésion de la « volonté », car sous l'influence d'un appoint émotionnel (lutte) ou d'une stimulation électrique du cortex plus intense que celle des images motrices, des mouvements reparaissaient dans les extrémités frappées de paralysie motrice et anesthésique, 1095 97. — Les réflexes communs de défense étaient le moins altérés ; la paralysie augmentait de la racine des membres aux extrémités, les mouvements volontaires les plus différenciés éprouvant le plus de difficulté à se réaliser. Différences des excitations des mouvements sous l'influence des volitions ou des stimulations électriques du cortex. Délicatesse des conditions organiques déterminant l'action volontaire. Paralysies fonctionnelles des extrémités d'origine cérébrale apparaissant et disparaissant avec l'occlusion ou l'ouverture des paupières, 1097-98.

La sphère sensitive de H. Munk. Nature des troubles de la sensibilité générale et de la motilité volontaire. — La sphère sensitive de l'écorce cérébrale de MUNK, divisée en régions ou sphères sensitives dont la destruction est suivie d'anesthésie dans les parties opposées du corps qui ont dans ces régions leur centre d'innervation cortical. Détermination expérimentale des rapports des diverses régions du corps — bras, jambe, tête, yeux, oreilles, nuque, tronc — avec les différentes aires des circonvolutions frontales, rolandiques et pariétales, sur les faces externe et interne des hémisphères. Extension de l'ancienne zone motrice, 1098 ; 1102. — Nature des troubles de la motilité volontaire : ce ne sont que des modes de l'anesthésie. Les paralysies d'origine corticale, suite de l'effacement ou de la perte des images (souvenirs) de la sensibilité générale, résidus des sensations motrices. Tous les éléments d'une image motrice sont de nature sensitive. Existence, comme pour l'audition et la vision,

d'une paralysie psychique et d'une paralysie corticale de la sensibilité et de la motilité. Point de centres moteurs ou psycho-moteurs corticaux. Les représentations ou images motrices, seules causes des mouvements volontaires. Meynert, Wernicke, 1099. — Origine, nature et modalités des états de l'activité cérébrale, « Volonté », « mouvement volontaire », mots sans base physiologique. Nature et siège de l'intelligence ; conscience et inconscience. Nouvelles recherches sur la physiologie des sphères sensitives. Expériences d'ablation. Région de la tête. Région du cou et de la nuque. Régions des extrémités. Topographie. Figure, 1100-1. — Chacune des régions de cet agrégat ne commande que la partie correspondante du corps, 1102 ; 1109. — Distinction des sensations proprement dites (pression, contact) et de la sensibilité générale (douleur, etc.). Les sphères sensitives comparées à celles de la vision et de l'audition. Réflexes de contact (acquis) et réflexes communs (innés) correspondant aux réflexes de la vision et aux réflexes rétiniens de Munk, 1102-3. — Indépendance des sensations tactiles et douloureuses ; celles-ci persistent après la perte des aires sensitives. Hypothèse touchant l'existence d'un centre nerveux de la douleur, siégeant ailleurs que dans l'écorce, capable de suppléer, quoique d'une manière incomplète, les aires corticales où les sensations de douleur sont perçues. Conscience inconsciente localisée peut-être dans les parties du système nerveux situées en arrière du télencéphale. Sensations de douleur, émotions, du chien sans cerveau de Goltz, 1104-5. — Centres réflexes sous-corticaux des mouvements associés ou communs réalisant certaines adaptations préformées (marcher, courir, grimper, etc.). Expériences démonstratives de Goltz à cet égard. Action régulatrice des aires corticales exercée sur les extrémités opposées par l'intermédiaire de ces centres sous-corticaux dominant les centres réflexes de la moelle épinière ; ces centres cérébraux sous-corticaux ne sont en rapport direct qu'avec les centres spinaux des extrémités supérieures ; les centres spinaux des extrémités inférieures (coordination des mouvements de la marche, etc.) ne sont que médiatement excités par les centres des membres supérieurs. Nature et étendue des désordres qu'entraîne pour les réflexes communs des extrémités l'extirpation uni ou bilatérale des régions corticales des extrémités, 1106. — Persistance des réflexes sous-corticaux et spinaux après l'extirpation des aires corticales des extrémités. Mécanisme du retour apparent des mouvements volontaires dans l'extrémité opposée à l'aire extirpée ; la faculté de tendre isolément la patte, par exemple, n'est pas recouvrée : il s'agit de réflexes communs ; illusion de Goltz. Critère découvert par Munk pour l'analyse exacte des fonctions des centres corticaux, sous-corticaux, et spinaux du névraxe, 1107-8. — Troubles résultant des lésions de la sphère sensitive : anesthésies, hyperesthésies, paresthésies tactiles, thermiques, douleur, etc. Le ton affectif est inséparable de chaque sensation. Classification des sensations de Max Dessoir, 1109. — L'écorce du lobe pariétal est la sphère sensitive du cerveau comme celle des lobes occipital et temporal de la vision et de l'audition. Rapports circonscrits, fixes et définis, entre les régions des extrémités, de la tête, etc., et les territoires corticaux correspondants, 1109 ; 1116-17. — La peau, les muscles, les tendons, etc., de la main, des doigts, du bras, etc., sont projetés sur les sphères sensitives comme les rétines sur les sphères visuelles. Substratum anatomique des signes locaux. Résultats différents des extirpations totales ou partielles des aires sensitives, 1110-11. — Outre les mouvements volontaires, l'écorce cérébrale exerce aussi des mouvements involontaires par l'intermédiaire des centres nerveux sous-corticaux. Ces réflexes corticaux diffèrent des réflexes communs indépendants de l'écorce cérébrale. Il existe ainsi trois modalités de motilité : 1° mouvement volontaire ; 2° mouvement réflexe cortical ; 3° mouvement réflexe commun, 1112-13. — Les réflexes sensitifs au regard des réflexes de la vision et de l'audition. Réflexes corticaux de la vision déterminés par l'excitation du lobe occipital : transmission de cette excitation de la sphère visuelle à des centres sous-corticaux des mouvements des yeux. Réflexes corticaux de l'audition déterminés par l'excitation du lobe temporal ; mouvements de l'oreille. Réflexes corticaux de la sensibilité cutanée, etc., déterminés par l'excitation du lobe pariétal, mouvements volontaires des extrémités, du tronc, de la face, etc., 1114. — La sphère sensitive absolument équivalente à la sphère visuelle et à la sphère auditive quant aux mouvements volontaires de ses centres sous-corticaux et à ceux des réflexes corticaux. Mais les réflexes sensitifs de l'écorce dominent les mouvements des centres réflexes sous-corticaux. Mouvements volontaires et réflexes sensitifs sont pour toujours abolis par la destruction du manteau ; il ne subsiste que les mouvements projetés des centres sous-corticaux, 1115. — Ordre de projection des territoires cutanés sur les aires des sphères sensitives. Ordre de projection des aires « motrices » sur les groupes musculaires correspondants que gouvernent ces territoires corticaux par l'intermédiaire des centres spinaux. L'excitation circonscrite des aires corticales ne peut déterminer que des réactions également isolées, sans diffusion, 1116-17. — Critique de la conception (H. Jackson, Beevor, Horsley) suivant laquelle ce qui est localisé est une représentation de degré d'intensité différente de plusieurs mouvements, non un mouvement isolé et défini, chaque mouvement ayant un centre de représentation maximum graduellement décroissant et les territoires de représentation empiétant les uns sur les autres, 1117-18. — Le mode d'association des cellules nerveuses motrices de l'écorce explique la rapidité différente avec laquelle éclatent les convulsions cloniques du Chien, des Singes inférieurs et de l'Orang. Différence d'excitabilité de l'écorce, plus grande chez le Chien, moindre chez le Macaque, plus petite encore chez l'Orang. Délimitation plus étroite chez l'Orang que chez le Macaque de la représentation isolée de chaque membre et segment de membre ; haut degré de différenciation de cet ordre de représentations. Progrès de l'évolution des fonctions. L'excitation des points stimulés se propage plus difficilement chez l'Orang, plus facilement chez le Macaque et plus encore chez le Chien. Interprétation histologique de la structure élémentaire de l'écorce chez le Chien et le Singe, 1118-19.

Théorie des contractures. — Mécanisme des contractures posthémiplégiques. Charcot. Ch. Bouchard, 1120. — Brissaud ; expérience de la bande d'Esmarch. Hypothèse de P. Marie sur la nature fonctionnelle du faisceau pyramidal : rôle d'arrêt ; mécanisme de la contraction musculaire dans l'exécution des mouvements volontaires. La contraction musculaire ininterrompue, ou contracture, effet de la suspension permanente de l'action inhibitrice du faisceau pyramidal, 1121. — Marinesco. Mya et Levi. Théorie de Mann ; expériences d'Hering et Sherrington. Critique de l'hypothèse de P. Marie par Mann. Critique des expériences et observations de Mann par von Monakow touchant les rapports de dépendance des deux neurones moteurs cortical et spinal, 1122-23. — Physiologie expérimentale. Expériences de J. Rosenthal (1873) et de M. Mendelssohn (1882) : toute section transverse de la moelle cervico-dorsale abolit les réflexes tendineux, viscéraux et cutanés, alors même que l'arc réflexe subsiste dans la moelle lombo-sacrée. Hypothèse sur la région de l'axe médullaire où se réalisent au maximum les conditions de l'excitabilité réflexe et où ont lieu les réflexes, 1124-25. — Observations cliniques et anatomo-pathologiques. Bastian (1882, 1886, 1890). Genèse physiologique de cette théorie exposée par Marinesco et par van Gehuchten. Action antagoniste du cerveau et du cervelet sur la musculature. Quand du fait de la suspension ou abolition de l'action du cerveau sur la moelle, l'action du cervelet devient prédominante, il y a exagération des réflexes et contracture. Si du fait d'une destruction transversale (ou compression) totale de la moelle cervico-dorsale, l'action du cerveau et celle du cervelet sont à la fois supprimées, le tonus musculaire normal est affaibli, la paralysie flasque apparaît, les réflexes tendineux, cutanés et viscéraux (vessie et rectum) sont abolis, quoique la moelle lombaire et les nerfs périphériques soient intacts, et malgré la dégénérescence des faisceaux pyramidaux. Résultats contraires, chez l'Homme et le Singe, aux doctrines physiologiques et à toute la pathologie de la moelle épinière, 1126-28. — Confirmation de l'exactitude de la théorie de Bastian proclamée par Bruns, 1129. — Théorie de van Gehuchten. Distinction fondamentale de la contracture du spasmodique et de celle de l'hémiplégique relevant de la différence de composition du faisceau pyramidal dans sa partie spinale ou dans sa partie cérébrale, 1130. — Contracture abarticulaire et contracture posthémiplégique. Muscles fléchisseurs et muscles extenseurs. Les muscles contracturés conservent leur structure normale chez l'hémiplégique. La contracture posthémiplégique est la conséquence de la paralysie incomplète des fléchisseurs, toutes les fibres corticales destinées au membre supérieur n'ayant pas été détruites dans l'hémorrhagie capsulaire ; sinon, les muscles extenseurs et les muscles fléchisseurs sont également paralysés : l'hémiplégie reste flasque, 1130-33. Théorie des réflexes de van Gehuchten. Physiologie normale et pathologique. Loi de l'action inhibitrice, 1133-34. — Pathogénie comparée des contractures dans la série des Mammifères. Le shok résultant de la section totale de la moelle épinière dans la région cervicale détermine, chez le Singe, un état complet de flaccidité des extrémités inférieures et l'abolition de tous les réflexes. Sherrington. Réapparition successive de ceux-ci, mais phénomènes de déficit consécutifs, durables et progressifs chez le Singe paraplégique rappelant ceux observés chez l'Homme (Bastian, Bruns, van Gehuchten). Après la même opération, exaltation énorme des réflexes tendineux et cutanés chez le Chien et le Chat et états spasmodiques, 1135. — Théorie des contractures de H. Munk chez les mammifères inférieurs et les Singes. Contracture par irritation corticale persistant jusqu'à la mort. Contracture par pertes de substance du cerveau (extirpation des aires corticales des extrémités) : effet de la position immobile gardée par les singes en cage. Effet de l'exercice sur les muscles dans cette contracture. Explication des observations contradictoires à ce sujet de Schiff, Ferrier, Yeo, Horsley et Schäfer. Application de ces données à l'Homme. La différence d'excitabilité du système nerveux central explique les réactions différentes aux mêmes lésions corticales chez les divers Mammifères. Contracture par irritation corticale et attaques d'épilepsie chez le Singe ; attaques d'épilepsie chez le Chien et le Chat ; ni convulsions ni contracture chez le Lapin. Ces mammifères inférieurs ne souffrent pas de la contracture par pertes de substance cérébrale, l'extirpation des régions corticales des extrémités n'entraînant bientôt aucun empêchement de la marche, 1136-38. — Maladie de Thomsen (*myotonia congenita*). Troubles musculaires de nature myotonique par innervation défectueuse, de cause centrale (corticale), de la musculature du corps, 1138-39.

Doctrines de Tamburini et de Luciani sur la constitution de la zone dite sensitivo-motrice. — Hypothèse de Tamburini (1876) conciliant les théories sensitive et motrice sur la nature de la zone dite excitable. Nature mixte ou sensitivo-motrice de cette zone. Extension aux centres de la vision et de l'audition de cette conception vérifiée expérimentalement. Luciani. Tamburini. Seppilli. Toutes les aires corticales sensitives et sensorielles semées de centres moteurs spéciaux. Pour détruire tous les centres moteurs du cerveau, il faudrait enlever toute l'écorce cérébrale. Albertoni. Vulpian. Résumé des expériences de Luciani sur les centres corticaux de la sensibilité et de la motilité volontaire. Extension des troubles du mouvement et de la sensibilité générale due à l'étroit « engrenage » des différentes aires corticales entre elles. Limites, connexions, rayonnement de l'aire sensitivo-motrice, 1139-43.

Expériences de Redlich sur les lésions consécutives aux extirpations étendues des centres moteurs corticaux. — Effets différents de l'extirpation des aires motrices et de la section des pyramides au niveau de la moelle allongée ; les phénomènes de déficit sont plus graves après la première opération. Chaque hémisphère cérébral est en rapport avec les deux moitiés de la moelle épinière ; les fibres dégénérées du cordon latéral homolatéral proviennent de la pyramide dégénérée,

1144-45. — Critique de l'hypothèse de ROTHMANN. Présence du faisceau antérieur ou direct des pyramides dans le cordon antérieur de la moelle chez les Singes et les Mammifères inférieurs. Hypothèses sur le mode de terminaison des fibres des pyramides dans la substance grise de la moelle, 1146. Dégénérations secondaires du *thalamus*, de la *substantia nigra*, des noyaux du pont (mais non dans les noyaux des nerfs crâniens moteurs), consécutives à l'extirpation des aires motrices corticales, 1147. — Corps calleux ; confirmation des expériences de MURATOW. *Cingulum*. Faisceau fronto-occipital (*fasc. subcallosus*). La dégénération constante des fibres issues des pyramides allant au thalamus et au cervelet (noyaux du pont), organes dont la participation aux fonctions de la motilité réflexe est établie, pourrait contribuer à résoudre le problème considéré, 1148.

Aires corticales sensitivo-motrices. Observations cliniques et anatomo-pathologiques. — Observations (1890-1895) dont quelques-unes possèdent tous les caractères d'une expérience de physiologie ; expériences d'excitation directe du cortex sur l'Homme avec contre-épreuve (lésions destructives). H. LISSO. PH. C. KNAPP. DEJERINE. DANA, 1149-52. — W. RANSON. F.-S. MADDEN. DARKSCHEWITSCH, 1152-53. — Paralysie tactile de WERNICKE : perte des images nées des sensations tactiles. La perte des représentations tactiles précède, comme plus complexes, celle des représentations motrices. Les représentations motrices graphiques font partie des images de toutes les espèces de mouvements spécialisés. Point de centre spécial de l'écriture, 1154-55. — Critique de l'interprétation explicative de la paralysie tactile de WERNICKE par FLECHSIG : les images tactiles n'étaient pas abolies, mais leur évocation empêchée. Ataxie sensitive par altération des rapports normaux des impressions tactiles élémentaires. Les sphères tactiles, visuelles, auditives, organes de l'intuition de l'espace et du temps, 1156-57. — Cas de paralysie tactile : RIEGNER, DUBBERS (1879), 1157-59. — Complexité de la notion de l'espace tactile chez l'aveugle. Tact synthétique et analytique, 1160.

Théorie de Wernicke sur la nature des territoires corticaux de projection des impressions sensitives. — Doctrines de l'École de Breslau. Les circonvolutions centrales, occipitales, temporales sont à la fois les territoires de projection des impressions sensitives, optiques, acoustiques, associés, par des faisceaux d'association, en une fonction commune, et le siège des images nées des résidus des sensations. Identifications primaire et secondaire, 1161. — Le cerveau tout entier n'est qu'un organe d'association quant au résultat de son activité, la pensée. La conscience, fonction de l'écorce du manteau. Organisation de l'idée et son évocation par l'excitation de ses éléments constituants. Images associées en groupes secondaires, tertiaires, etc., d'où résulte le concept et le mot, 1162. — Nature de notre conscience du monde extérieur ; le monde n'est pour nous que la somme de nos idées, moins nombreuses qu'on ne le suppose. Besoin de causalité : vice inné ou privilège du cerveau ; ce n'est que dans le cerveau qu'existe le lien des phénomènes naturels. Les lois de l'univers. La croyance. La constance et l'uniformité des lois cosmiques, expression de la répétition uniforme de la marche des courants nerveux dans les mêmes voies. La *Bahnung*. Le réveil des états de conscience n'a pas lieu par association simultanée (espace), mais par association successive (temps). Cellules d'association associant entre eux les territoires de projection, MEYNERT, 1163. — Conscience de notre corps. Siège cortical des sensations articulaires, musculaires, etc. Localisations de WERNICKE, NOTHNAGEL, BRUNS. Sens stéréognostique (circonvolutions centrales) et sens musculaire (P_1). Paralysie psychique, 1164-65. — Voie centripète de la sensibilité musculaire et articulaire. Trajet de la voie du sens musculaire dans la capsule interne. CH. BELL, WEBER, etc. Historique. Étude histologique des nerfs sensitifs ou centripètes des muscles. Les nerfs myesthésiques. KÖLLIKER. ODENIUS. SACHS. TSCHIRIEW. BREMER. RAUMER. LANDAUER, 1165-69. — LENHOSSEK. SHERRINGTON. S. RAMON Y CAJAL (1897), 1170-71. — Caractères différentiels du mouvement réflexe et du mouvement volontaire selon WERNICKE. La volonté réalisée ou l'action dépend du degré d'excitation relatif de groupes plus ou moins vastes de représentations associées. Illusion de la liberté. Le choix paraît d'autant plus libre que le jeu des associations est plus complexe, et la probabilité des prévisions est en raison inverse de cette complexité. Pour qui posséderait tous les termes du problème, le résultat pourrait toujours être sûrement prédit ; purs mécanismes, 1171-72.

Sensations organiques (cénesthésie). Localisations corticales et centrales. — Territoires corticaux de projection des sensations organiques. — Conscience du corps. Tous les organes, appareils et tissus du corps sont projetés dans l'écorce. Pour tous les centres de perception du névraxe, le corps fait partie du monde extérieur. Point de sensation sans ton affectif (peine ou plaisir). La sensation spécifique masque d'ordinaire la sensation organique, dont le degré d'intensité (douleur) est souvent nécessaire pour provoquer les réflexes innés de défense ou de protection. H. MUNK. Adaptation et finalité mécanique des réflexes spinaux et sous-corticaux. Dans les sensations cénesthésiques, surtout dans certains états de souffrance (besoins, etc.), le ton affectif l'emporte aussi sur les sensations musculaires, viscérales, etc. Hypothèse de WERNICKE sur le siège cortical des images formées par les souvenirs des sensations organiques ou internes. Stabilité et unité relatives de la conscience du corps, au regard de celle du monde extérieur. Simplicité et indivisibilité apparentes de l'idée d'un moi, du « moi primaire » de MEYNERT, 1173-74.

Sensations organiques ou internes (endogènes). — Sensations d'origine exogène et endogène. FLECHSIG. Parmi les sensations organiques, les sensations kinesthésiques servent à la perception des choses du monde extérieur ; les autres uniquement à la conscience des besoins et instincts de la vie

organique, faim, soif, etc., en rapport avec les parties correspondantes du corps. Localisation et signes locaux de ces sensations internes. Les états affectifs des sensations organiques n'en sont point isolables. Réactions objectives de la douleur, etc., chez les anencéphales, les fœtus de huit mois, etc., sans organe de la conscience (écorce cérébrale). Ces sensations localisées par FLECHSIG dans les centres encéphaliques inférieurs (tubercules quadrijumeaux, etc.). Persistance et réveil possible de fonctions d'ordre psychique, même chez les mammifères supérieurs, dans le rhinencéphale, le ganglion de la base, le diencéphale, le mésencéphale, le rhombencéphale, les chaînes ganglionnaires de la moelle et du grand sympathique, 1175-76. — Edification de la conscience cénesthésique, complexus très vaste formé de notions dérivées des impressions et sensations musculaires, articulaires, viscérales. Matériaux livrés par les sensations endogènes à l'élaboration et aux constructions de la vie mentale à tous ses degrés, 1177. — Hallucinations « internes ». LÉLUT. Anesthésies, paresthésies, hyperesthésies, névralgies du système nerveux sympathique ou viscéral déterminant l'explosion de délires chez les prédisposés. Névroses vaso-motrices. HEAD. Hypochondrie. MENDEL. Psychoses sympathiques, 1178. — Mécanisme du réflexe de succion. E. BRISSAUD. Remarque sur la nature de la sensation et de la perception. La psychologie ne doit pas être restreinte à l'étude des états conscients de l'écorce du cerveau antérieur. Sensations insensibles. Fondement unique de la psychologie : le réflexe ; propriété élémentaire de tout protoplasma, végétal ou animal, de réagir d'après des lois d'une rigueur mathématique à des excitations nécessairement perçues, 1179-81. — Ganglions et fibres sympathiques. Fibres spinales viscérales ou fibres préganglionnaires du sympathique ; fibres sympathiques postganglionnaires. LANGLEY. Les fibres spinales deviennent vaso-motrices, pilo-motrices, sécrétrices, selon que les fibres des cellules sympathiques qu'innervent les fibres spinales se terminent dans les muscles vaso-moteurs, érecteurs des poils ou dans les glandes. Le réflexe pilo-moteur. LANGLEY et SHERRINGTON. Mêmes aires de distribution cutanée de toutes les fibres sensitives et sympathiques, 1182-83.

Innervation centrale de la respiration. — Centres corticaux des mouvements de la respiration. Expériences de DANILEWSKY. Modifications de la respiration après excitation de l'écorce et de la base du cerveau, de la dure-mère, etc. ; haute sensibilité de la dure-mère ; nerfs propres de la dure-mère cérébrale, 1185-86. — Expériences de MUNK. Mouvements d'inspiration et d'expiration par stimulation de la convexité du lobe frontal. Contractions du thorax, du diaphragme, des muscles abdominaux : mouvements associés de la colonne vertébrale, 1187-88. — Centres bulbaires des mouvements de la respiration (inspiration et expiration) ; DANILEWSKI, 1188. — Expériences d'UNVERRICHT sur le mécanisme des mouvements de la respiration. Critique de BOCHEFONTAINE et de F. FRANCK. Localisation circonscrite d'un centre cortical d'arrêt de la respiration. Critique de l'interprétation de FERRIER touchant la nature réflexe des mouvements ainsi provoqués, 1189-90. — Détermination par PREOBRASCHENSKY du même centre d'arrêt de la respiration. BECHTEREW et OSTANKOW : centre d'accélération des mouvements de la respiration, 1191 ; 1194 sq.

Innervation centrale du larynx. — Double fonction du larynx : respiration et phonation. Recherches de SEMON et HORSLEY. Centre de la respiration laryngée distinct de celui de la respiration thoracique dans la moelle allongée. Double représentation du larynx dans le bulbe. Développement relatif du centre cortical de la respiration chez le Chat et le Singe. Diversité de réactions des animaux quant à l'excitation des centres de la respiration et de la phonation suivant l'âge, etc. (LEGALLOIS). Centre cortical d'abduction des cordes vocales du chat, 1193-94. Trajet des fibres de la respiration et de celles de la phonation dans la capsule interne. Recherches expérimentales de KLEMPERER sur les centres corticaux de la phonation ; proximité des centres de la phonation (adduction bilatérale des cordes vocales) et de la respiration (abduction de ces muscles). Troubles isolés ou associés de la voix et de la respiration par paralysie des muscles dilatateurs et tenseurs de la glotte. Altérations de la respiration chez les malades présentant le phénomène d'oscillations périodiques des fonctions cérébrales décrit par STERN, 1194-95. — Troubles hémilatéraux de la respiration dans l'hémiplégie cérébrale (GRAWITZ). Rapports de la respiration avec les fonctions de la pensée. MAX MULLER, 1195-96. — Tout effort volontaire de l'attention, etc., détermine l'absorption d'un excès d'oxygène dans l'aire corticale motrice correspondante; W. MARCET. Les mouvements d'abduction des cordes vocales dérivent particulièrement du bulbe, surtout ceux d'inspiration, avec adduction imparfaite dans l'expiration. Recherches de GROSSMANN (EXNER) sur l'innervation centrale des muscles du larynx : synergie des noyaux du thorax, du vague et du facial ; deux au moins doivent rester reliés pour la persistance des mouvements de la respiration; rôle prédominant du noyau du vague, 1196. — Expériences de W. SPENCER et de V. HORSLEY : effet de la pression intra-crânienne sur la circulation et la respiration, 1197. — Recherches de W. SPENCER : excitations faradiques du cortex de carnivores, etc., et du singe. Investigation méthodique : doses et degrés des anesthésiques ; espèces et âges des animaux, etc. Aires corticales du ralentissement et de l'accélération de la respiration, 1198-99. — L'aire d'accélération de la respiration est beaucoup moins différenciée chez le Singe que chez le Chat, le Chien, le Lapin. Les fonctions d'adduction des cordes du larynx (phonation) ont une représentation corticale d'autant plus développée qu'on monte dans la série animale. Les fonctions d'abduction des cordes du larynx (respiration) ont une représentation corticale inverse dans la série des mammifères. Localisation de la phonation adductrice chez le Singe et chez les Carnivores. Centre de l'abduction respiratrice du Chat. SPENCER a suivi les effets des stimuli depuis les points circonscrits du cortex jusqu'à la moelle allongée, 1200. — Expériences de SCHUKOWSKI : nature des trois centres corticaux des mouvements de la respiration ; ils sont

subordonnés aux états volontaires et affectifs accompagnés de changements dans le rhythme de la respiration. Effets de l'excitation des noyaux du thalamus, du noyau caudé et des tubercules quadrijumeaux sur les mouvements de la respiration, 1201-2.

Innervation centrale de la déglutition. — Topographie et mécanisme du centre de la déglutition. Expériences de Bechterew et d'Ostankow. Réthi : centre cortical des mouvements successifs et coordonnés de la mastication et de la déglutition, 1203-4. — Trajet capsulaire et sous-thalamique des faisceaux centrifuges. Existence d'un organe central sous-cortical de coordination des mouvements associés de la mastication (lèvres, langue) et de la déglutition. Importance des mouvements préformés dans la physiologie générale du système nerveux central. Mouvements préformés de locomotion dans les centres de la moelle épinière, 1205. — Les mouvements coordonnés de la mastication et de la déglutition provoqués par l'excitation des couches optiques font partie d'un complexus de mouvements nécessaires à l'alimentation qui se propagent au reste des organes du tube digestif. Bechterew, 1206. — Recherches de Trapesnikow sur les centres corticaux et sous-corticaux de la déglutition, 1207. — Rapprochement des troubles consécutifs à l'ablation des centres corticaux de la déglutition de symptômes cliniques des paralysies bulbaires. Etiologie de la perte de l'appétit dans ces expériences. Centres rhinencéphaliques et télencéphaliques des perceptions et des représentations de la faim et de la soif, 1207-8.

Innervation centrale de l'estomac. — Étude expérimentale d'Openchowski sur l'innervation du cardia, de l'estomac, du pylore et de la région pylorique, 1209-11. — Travaux de Bechterew et de Mislawski. Caractère des mouvements normaux de l'estomac. Influence des centres nerveux de la moelle, de l'encéphale et des nerfs périphériques sur l'activité de l'estomac. Ordre inverse dans lequel se succèdent les contractions des régions opposées de l'estomac, celle du cardia et celle du pylore, 1211-12. — Action contraire des vagues et des splanchniques sur les mouvements de la région pylorique. Ganglions intrapyloriques. Centres d'arrêt thalamiques, etc., de la *pars pylorica*. Centres corticaux des mouvements de l'estomac. Action inhibitrice des excitations périphériques (stimulation de la peau, du péritoine, etc.), 1213.

Innervation centrale des intestins. — Tonus musculaire de l'intestin, contractions rhythmiques et mouvements péristaltiques. Travaux de Bechterew et de Mislawski sur l'innervation centrale et périphérique des intestins. Dispositif des expériences. Effets de l'excitation de l'écorce (gyrus sigmoïde) sur le tonus musculaire des parois intestinales et sur l'activité des mouvements péristaltiques de l'intestin grêle et du gros intestin ; épuisement rapide du cortex, 1215. — Centres d'arrêt thalamiques (Ott et Woodfield), 1216. — Centres thalamiques d'innervation motrice intestinale, organes réflexes directs et intermédiaires des centres corticaux de même nature fonctionnelle. Rôle physiologique différent des diverses régions du thalamus. Voies centrales descendant de l'écorce et du thalamus aux intestins. Nerfs vagues, nerfs splanchniques, sympathique, thoracique et abdominal. Nouveau centre du gros intestin déterminé par Ossipow. Résumé, 1217-19.

Innervation centrale des glandes. — Glandes salivaires. — Territoires corticaux en rapports fonctionnels avec la sécrétion salivaire. Bacchi, Bochefontaine et Lépine. Bechterew et Mislawski, 1221-22. — Réfutations d'Eckhard ; les centres corticaux d'hypersécrétion des glandes sous-maxillaires et parotides n'appartiennent pas à la zone motrice. Aliénés sialorrhéiques. Excitation et inhibition fonctionnelle des glandes salivaires dans les psychoses et les névroses. Irritation de l'écorce des lobes frontaux. Tamburini. Critérium pour la principale voie de transmission de ces excitations corticales, « Salive cérébrale », sécrétion salivaire provoquée par l'excitation du sympathique. Cristiani. Hypersécrétion salivaire paroxystique des épileptiques. Équivalents sialorrhéiques. Ch. Féré, 1223-24. — Critique de la théorie de Ferrier sur l'origine réflexe des mouvements (sécrétion) provoqués par les sensations des organes correspondants. Koranyi. Cas d'inhibition des centres corticaux des glandes salivaires. Xérostomie. Hadden. Innervation centrale des glandes sudorales. Hyperhydrose, symptôme fréquent dans les névroses, stigmate de dégénérescence, 1224.

Glandes lacrymales. — Centres bulbaires, thalamiques et télencéphaliques de la sécrétion lacrymale. Czermak. Herzenstein. Demtschenko. Wolfers. Laffay. Bechterew et Mislawski, 1225-26. — Voies centrales du sympthique cervical et du trijumeau servant à la transmission de l'action exercée par l'écorce et le thalamus sur la sécrétion lacrymale. Le principal centre réflexe de la sécrétion lacrymale localisé dans les couches optiques, 1227.

Foie. Pancréas. Rate. — Action modératrice du gyrus sigmoïde sur les sécrétions du foie, du pancréas et de la rate. Expériences de Bochefontaine, 1227-29.

Innervation centrale de la vessie, des sphincters vésical et anal et du vagin. — Innervation centrale de la vessie, des sphincters de la vessie et de l'anus. — Budge. Afanassiew. Bochefontaine. Fr. Franck, 1231-32. — Centres corticaux des mouvements de la vessie déterminés par Bechterew et Mislawski. Centre thalamique. Voies centrales, 1232-33. — J. Ott. J. Gaule. Physiologie expérimentale du centre thalamique d'innervation de la vessie, centre réflexe, 1234. — Terminaison corticale du *sphincter vesicae*. J. Meyer. Centre cortical du *detrusor*

vesicae. Localisation du centre ano-cortical chez le singe ; SHERRINGTON. Centre du *sphincter ani* chez les mammifères inférieurs. J. MEYER. G. MANN, 1235. — DUCCESCHI, 1236-37. — Tonicité du sphincter anal soustrait à l'action des centres ano-spinal et ano-cortical. GOLTZ. LANGLEY et ANDERSON. Interprétation de GOLTZ et EWALD. Sources d'innervation du sphincter aussi variées que celles du diaphragme, 1238-40.

INNERVATION CENTRALE DU VAGIN. — Contraction des trompes utérines par la faradisation du gyrus sigmoïde. BOCHEFONTAINE. Physiologie des centres d'innervation périphérique et spinale. KEHRER. LANGLEY. JASTREBOFF, 1240. — Expériences de BECHTEREW et MISLAWSKI. Centres corticaux et thalamiques d'excitation et d'arrêt des contractions du vagin, 1241-43. — Influence incitatrice de la moelle épinière, de la moelle allongée et des couches optiques sur ces contractions ; influences à la fois incitatrices et inhibitrices de l'écorce. Centres automatiques encéphaliques, 1244.

Contractions des muscles lisses de l'estomac, de l'intestin, de la vessie pendant les convulsions épileptiques. — Les muscles lisses participent aux convulsions toniques et cloniques de l'attaque d'épilepsie. Système vaso-moteur. TODORSKY. BROWN-SÉQUARD. VULPIAN. Expériences de W. OSSIPOW. Ablation de la zone motrice de l'écorce cérébrale au cours de l'attaque, 1244-45.

Centres thermiques de l'écorce et des ganglions centraux du cerveau. — Expériences de HITZIG. Elévation de la température de la moitié opposée du corps consécutivement à l'extirpation des aires motrices, 1247. — Expériences d'EULENBURG et LANDOIS sur les centres thermiques corticaux des extrémités sur le *gyrus cruciatus* : aires corticales d'innervation vaso-motrice ; aires de terminaisons centrales des nerfs des vaisseaux, servant à la transmission des influences psychiques sur les voies nerveuses vaso-motrices et à la conscience des changements locaux de température et de circulation par l'intermédiaire de systèmes corticaux d'association, 1247-49. — Observations et recherches expérimentales de BOCHEFONTAINE et de ses collaborateurs. Jugement sur l'œuvre interrompue de BOCHEFONTAINE, 1250-51. — Travaux d'ARPAD BOKAY, 1251. — Résumé des expériences d'EULENBURG et LANDOIS : la destruction des centres thermiques ou thermogènes, distincts probablement des aires motrices, provoque une dilatation vasculaire et une élévation de la température dans les parties correspondantes du corps du côté opposé ; l'excitation des mêmes régions, un abaissement de la température, 1252. — Troubles vaso-moteurs ou de régulation thermique chez les aliénés et dans les maladies organiques du cerveau. RIPPING. O. HEBOLD, etc., 1252-53. — Observations cliniques de BECHTEREW, 1254. — Influence des régions corticales de la sphère sensitive du corps sur le système vasculaire. Etudes expérimentales de STRICKER. RAUDNITZ. BECHTEREW et MISLAWSKI. Topographie cérébrale des centres vaso-moteurs, 1255-56. — Influence des centres corticaux vaso moteurs et des ganglions centraux du cerveau (*thalamus, globus pallidus*) sur la pression sanguine et l'activité du cœur. Voies centrales cortico-thalamiques, etc., servant à l'innervation vaso-motrice, 1256-57. — Centres thermiques et vaso moteurs localisés dans les ganglions de la base et dans diverses régions de l'encéphale et de la moelle. Js. OTT. SACHS et ARONSOHN. HALE WHITE. HORSLEY SHERRINGTON, KAISER, BACULO, SAKOWITSCH, etc., 1257-59. — Influence de l'écorce, de la couronne rayonnante et de la couche optique sur l'activité du cœur ; accélération et arrêt : expériences de BECHTEREW et de MISLAWSKI. Observation de TARCHANOFF sur l'accélération volontaire du pouls, 1259-61. — Hypothèses sur un sens de la température ; dualité ; points cutanés du froid et du chaud ; conduction isolée des impressions dans la moelle épinière ; centres distincts de perception cérébrale. BLIX, etc. — Résultats contraires des observations et expériences de HERZEN, de GOLDSCHEIDER, de DESSOIR. Centres corticaux de perception des sensations thermiques, 1261-62.

Thermométrie cérébrale. — Rapports entre la circulation du sang dans le cerveau et les processus psychiques. Recherches pléthysmographiques de MOSSO. Réaction de l'activité cérébrale sur l'activité vaso-motrice des artères carotides ; GLEY. Cause et effet des variations de la circulation cérébrale. Doctrine de SCHIFF sur l'échauffement des centres nerveux. Historique, 1262-64. — La pensée est une transformation de l'énergie ; elle a un équivalent mécanique ; LAVOISIER. Nature des phénomènes de la vie. Critique d'ARMAND GAUTIER, 1265-66. — Perte d'énergie proportionnelle au travail mécanique dans le muscle actif. Expériences de BÉCLARD, etc. LABORDE, 1266 67. — Equivalent chimique et thermique de la pensée. Expériences de TANZI, etc. Observations thermométriques d'ANG. MOSSO, 1268-69. — La température du cerveau plus élevée que celle du rectum et, durant l'activité du système nerveux, que celle du sang artériel. Rayonnement du cerveau à travers le crâne. La température du cerveau s'élève après toute excitation du système nerveux : application d'un courant induit ordinaire, excitation déterminant un accès épileptique, etc. Intensité des processus chimiques du cerveau, un des principaux organes de thermogenèse, 1270. — Développement de chaleur du cerveau pendant la veille, l'état simple de conscience, le sommeil, l'anesthésie, les différentes saisons, les émotions. Nouvelles expériences de MOSSO sur les phénomènes psychiques et la température du cerveau. Introduction de thermomètres entre la dure-mère et le crâne, sous la dure-mère, en contact avec les circonvolutions cérébrales. Critique du manuel opératoire de MOSSO, 1271-72. — Critique des résultats des expériences de MOSSO sur la température du cerveau comparée à celle du sang par L. HILL et NABARRO. Analyses comparées des gaz du sang de l'artère carotide, du pressoir d'HÉROPHILE et de la veine fémorale, 1272-73. — Phénomènes d'échanges organiques ou de métabolisme et phénomènes d'activité spécifique, c'est-à-dire psychique, du cerveau dans l'échauffement de cet organe. « Confla-

grations organiques » de Mosso. Le sommeil, comme phénomène psychique, ne modifie pas essentiellement la température du cerveau, 1274-75. — Quantité de chaleur « presque négligeable » due aux processus psychiques. Critique de cette interprétation arbitraire des phénomènes, 1275-76 ; 1281. — L'activité cérébrale et la loi de la conservation et de la transformation de l'énergie. Nature de l'action des narcotiques suivant Mosso, 1276-77. — La thermogenèse d'un organe, du cerveau en l'espèce, ne dépend pas directement de sa circulation mais de son chimisme, 1278. — Abaissement de la température interne du névraxe après excitation périphérique des nerfs. Cas de refroidissement du cerveau durant l'activité mentale. Nerfs vaso-moteurs du cerveau. Expériences de Kiesow sur les changements de la pression du sang sous l'influence d'excitations psychiques diverses ; seul, le ton affectif des sensations pénibles s'est manifesté dans les courbes de pression obtenues avec le sphygmomanomètre de Mosso, 1279. — Variations thermiques, constatées par Mosso, de l'écorce cérébrale durant l'accomplissement de mouvements volontaires ou provoqués des extrémités (hommes, singes, chiens), 1280-81. — Thermogenèse cérébrale observée chez l'homme au cours des processus psychiques conscients et inconscients. Les processus psychiques et la conscience. Observation de D. Parodi, 1282-83. — Résultats positifs des dernières expériences de Mosso. Développement de chaleur dû aux réactions chimiques de la substance nerveuse dans la phase statique, non dynamique, de son activité, 1284.

Circulation cérébrale. — Question de l'innervation vasculaire du cerveau, des artérioles de la pie-mère et de l'écorce. Etude du tissu élastique de la paroi des artères cérébrales. Triepel, 1284-86. — Hypothèse d'un mécanisme automatique de régulation locale de la circulation en rapport avec les variations locales de cette activité fonctionnelle. Roy et Sherrington. Mécanismes intrinsèques, extrinsèques, etc., 1286-87. — Travaux de L. Hill et Bayliss sur la circulation cérébrale. Résultats négatifs touchant l'existence de nerfs cérébraux vaso-moteurs ou d'un mécanisme vaso-moteur local quelconque ; l'irrigation artérielle du cerveau purement passive. Recherches histologiques de L. Gulland, 1287-88. — Résultats positifs des travaux de Cavazzani pour l'étude de la circulation cérébrale : fibres vaso-constrictives et vaso-dilatatrices du sympathique cervical concourant à l'innervation des vaisseaux cérébraux, 1288-89. — Démonstration anatomique de nerfs vaso-moteurs des artérioles de la pie-mère : Obersteiner. Epuisement rapide des nerfs vaso moteurs du cerveau. Parésie partielle de la paroi des petites artères cérébrales dans les maladies chroniques du cerveau, de la paralysie générale, 1289-90.

Les fonctions du cerveau et les échanges organiques. — Recherches de l'équivalent physico-chimique des phénomènes psychiques. Influence du travail intellectuel sur les échanges. Historique, 1291-94. — Conception de l'événement psychique et des « actes physiologiques » du cerveau suivant Belmondo. Conscience. Volonté. Mémoire et association des idées. Le cerveau simple commutateur; son activité consciente ou inconsciente n'exige que des transformations minimes d'énergie. L'office des centres nerveux n'est pas de produire des forces, mais d'en varier le point d'application « utile », 1295-96. — Influence des racines spinales postérieures sur l'excitabilité des racines antérieures. Belmondo et Oddi, Tomasini, 1296. — Critique de l'hypothèse psychologique de Belmondo, 1297. — Action trophique du système nerveux central et du cerveau en particulier sur les tissus de l'organisme. Loi fondée sur les résultats de la physiologie et de la pathologie expérimentales. Rapport entre l'activité des échanges et les sensations, le sommeil, etc. ; le système nerveux régulateur des combustions des tissus et de la température, 1298-99. — Expériences de Belmondo sur la diminution du poids et l'élimination de l'azote chez les pigeons décérébrés et normaux durant le jeûne. Influence exercée par les hémisphères cérébraux, par l'intermédiaire des centres du mésencéphale, sur les échanges du corps tout entier, en particulier sur la destruction des albuminoïdes, que la conscience existe ou non, 1300-3. — Solutions possibles du problème des rapports des fonctions psychiques avec les autres phénomènes biologiques. Loi physique de la conscience d'Herzen. Théorie de Bunge : L'événement psychique, occasion, non cause directe, du processus de cet ordre de faits. Les progrès futurs de la cytologie ne sauraient résoudre le problème considéré, 1304.

THÉORIE DES ÉMOTIONS. LA DOULEUR. LE RIRE ET LE PLEURER SPASMODIQUES.

I. **Douleur. Thermoesthésie.** — La douleur n'est pas une sensation ; c'est un mode de la sensibilité générale, une qualité du ton affectif toujours associé à chaque sensation ou sentiment. Point d'organes périphériques ou centraux, de nerfs ni de sens spécifiques de la douleur. Quoique centrale, toujours localisée à la périphérie. Existence d'une douleur de cause centrale. Historique, 1305-6 ; 1321-23. — Observation d'Edinger, 1306-7. — Il n'y a point deux voies distinctes dans la moelle, l'une pour les sensations de douleur et de température, l'autre pour les sensations de contact. Outre la voie directe, les sensations tactiles suivent une « voie de sommation » ; douleur et plaisir, symptômes de phénomènes de sommation d'excitations perçues par le télencéphale. Beaunis, Goldscheider, Mann, 1308. — La douleur, phénomène cérébral, fonction intellectuelle, en rapport avec le développement de l'intelligence. Ch. Richet. Action des anesthésiques ; ils suppriment le souvenir de la douleur. Arrêt du cœur chez les vertébrés décérébrés par l'excitation du sciatique. Même symptôme dans l'hyperalgésie psychique, 1309. — Nature de la douleur selon Moczutkowsky ; son algésimètre. Localisations topographiques de la sensibilité cutanée douloureuse, 1309-1312. — Recherches de M. v. Frey sur la physiologie de la douleur considérée comme un sens spécial. Les « points de douleur ». Résultats du travail de Nagel sur la sensibilité de la cornée contraires à ceux de v. Frey. Interprétation

actuelle de la nature des points de douleur par GOLDSCHEIDER ; contre l'hypothèse de nerfs spécifiques de la douleur, 1313-14. — Conduction centrale des impressions dont la sommation détermine la douleur. Point de voie conductrice des sensations de douleur ou de plaisir, mais « voie de sommation », GOLDSCHEIDER. Les collatérales de GOLGI et BROWN-SÉQUARD. Expériences de SCHIFF. Dissociation syringomyélique des divers modes de sensibilité. L'analgésie et la thermoanesthésie avec conservation de la sensibilité tactile, musculaire, articulaire, viscérale, etc., s'explique, dans la syringomyélie, par la perte des éléments nerveux de la substance grise centrale de la moelle épinière auxquels se distribuaient les collatérales des cordons postérieurs, 1314-15. — Cas d'anesthésie générale associée à l'analgésie et à la thermoanesthésie par syringomyélie ; SPÄTH et SCHÜPPEL. Dissociation des modes de la sensibilité par compression des troncs nerveux : compression du *n. ulnaris* ; BIERNACKI, 1316. — Travaux sur la syringomyélie. Définitions ; CHARCOT et DEJERINE. La dissociation des diverses espèces de sensibilité dans la syringomyélie prouve que les faisceaux de la sensibilité tactile ne passent pas dans la substance grise centrale de la moelle épinière. Observations cliniques de SCHLESINGER. Le sens de la pression indépendant de l'état de la sensibilité douloureuse et thermique. Le sens stéréognostique affecté à un haut degré ou perdu dans la syringomyélie. Classification des douleurs de GOLDSCHEIDER, 1316-17. — Le remède stoïque de KANT ; lettre à HUFELAND, 1318. — Douleurs localement ressenties par sympathie. MALEBRANCHE, 1319-20. — Hyperesthésie et hyperalgésie psychiques. L'*akinesia algera*. MÖBIUS. Faiblesse irritable de la neurasthénie. Douleurs vasculaires. Migraine. Douleurs dans la maladie de RAYNAUD et l'érythromégalie, dans les anévrysmes, 1320-21. — Siège cérébral de la douleur. Névralgies de cause centrale. Névralgie persistant après l'extirpation du nerf et de son ganglion. Douleurs et sensations particulières des amputés, 1321-22. — Hémihyperalgésies de cause cérébrale des hystériques. Siège cérébral de la douleur psychique et morale cherché par KIRCHHOFF. Le prétendu faisceau des fibres dolorifères et thermoesthésiques intramédullaire de CIAGLINSKI, 1322-24. — Sensations de température et de douleur des organes internes, muqueuses de l'estomac, du rectum, de la vessie, de l'urèthre. SCHLESINGER, 1325. — Aires d'hypéralgésie cutanée de l'abdomen, de la poitrine, du cou, de la tête, dans les maladies des viscères thoraciques et abdominaux, résultant d'une hyperexcitabilité des cellules des cornes postérieures du segment spinal correspondant, due à la sommation des excitations irradiées des viscères affectés. Zones d'hyperesthésie déterminées par HEAD, THORNBURN, etc. : critérium pour la détermination des segments spinaux d'où les viscères correspondants reçoivent leurs nerfs sympathiques. Dix-huit territoires, correspondants à autant de segments médullaires, divisés en 13 zones dorsales et 5 zones sacro-lombaires. Topographie des aires de distribution, 1326-27. — Interprétation des résultats de ces recherches pour l'explication des symptômes douloureux et de la conscience cénesthésique de son mal qu'éprouve le malade. Sensations des cardiaques dans la paroi gauche antérieure du thorax. L'hyperalgésie des cornes postérieures explique que les viscères abdominaux n'acquièrent que dans certains états (inflammation, etc.), par sommation des excitations irradiées des parties affectées, la faculté de déterminer de la douleur. GOLDSCHEIDER, 1328.

II. **Théorie des émotions.** — Voies motrices ayant leurs cellules d'origine dans la sphère tactile du corps en rapport avec les muscles de la respiration (y compris ceux de l'abdomen), avec l'appareil de la circulation (innervation vaso-motrice, température, etc.), avec les sensations des différents organes, de la sensibilité musculaire, etc. La sphère tactile siège de la conscience des sensations de la faim et de la soif, etc., des instincts, émotions, passions. Les phénomènes relevant des appareils de la respiration et de la circulation qui accompagnent les émotions ne sont pas des effets de l'émotivité : ils partent de la sphère tactile. FLECHSIG. Rôle de la couche optique dans la transmission aux organes des états affectifs réalisés dans la sphère tactile, 1328-29. — La rougeur émotive et l'obsession de la rougeur. CASPER, BECHTEREW, PITRES et RÉGIS, 1330-31. — Physiologie pathologique de la production de ce phénomène. BECHTEREW et MISLAWSKI. Hyperexcitabilité des centres corticaux vaso-dilatateurs entrant en activité à la moindre excitation psychique (obsession, idée fixe, etc.) Etat émotif dérivant d'une altération de l'innervation vaso-motrice, 1332-33. — MALEBRANCHE, PITRES et RÉGIS, W. JAMES, LANGE, SERGI, LEHMANN. Critique d'un paradoxe. Mécanisme de la conscience des émotions morales et intellectuelles, 1334-41.

Mécanisme anatomique du rire et du pleurer spasmodiques ou réflexes. — DESCARTES. Centres d'innervation distincts des mouvements volontaires et réflexes d'un même groupe de muscles. Dans les paralysies de cause centrale, les muscles qui ne peuvent plus être contractés volontairement demeurent capables d'exécuter des mouvements réflexes. Mouvements réflexes simples et mouvements réflexes d'expression des émotions et passions (rire, pleurer, cris de douleur, etc.). La mimique émotive indépendante de l'innervation volontaire. CH. BELL, MAGNUS. ROMBERG. STROMEYER, 1341-42. — Généralisation de NOTHNAGEL : dans les cas où les mouvements d'expression sont conservés en même temps que l'innervation volontaire du facial est abolie, le thalamus et sa couronne rayonnante sont intacts ; si l'inverse, c'est la couche optique qui est lésée, 1343. — Fonctions des couches optiques. Historique. Persistance chez les animaux décérébrés des mouvements d'expression réflexe résultant d'excitations périphériques, 1343-44. — Observation clinique de NOTHNAGEL, 1344. — Définition, par BECHTEREW, des mouvements d'expression : 1° volontaires ; 2° involontaires : sons et cris émotionnels, horripilation, rougeur du visage, pleurs et rire, etc., mouvements innés, dont le mécanisme particulier ne soutient aucun rapport direct avec le système des voies nerveuses des mouvements volontaires et accompagnés de phénomènes sur lesquels la volonté n'a que peu ou pas d'influence : phénomènes vaso-mo-

teurs, rhythme du cœur, de la respiration, activité modifiée des organes de sécrétion, d'excrétion, 1345. — Mouvements d'expression affectifs ou innés. Mouvements psycho-réflexes. Réactions motrices appropriées déterminées par les besoins et instincts chez les animaux décérébrés. Des mouvements d'expression différents, mais uniformes, répondent à des excitations différentes correspondantes chez les animaux décérébrés comme chez les autres, 1346-47. — Les couches optiques, agrégat de centres de mouvements innés ou réflexes. L'ablation uni ou bilatérale des thalamus abolit complètement les mouvements réflexes d'expression sur la moitié opposée ou sur les deux moitiés du corps, la motilité volontaire restant intacte. Ces mouvements s'observent chez les animaux dont les faisceaux pyramidaux ont dégénéré (ablation de la zone motrice), 1348. — Voies centrifuges de la couche optique. Silence des auteurs. KÖLLIKER. Voies nerveuses du thalamus, 1349-50. — Centres thalamiques des fonctions automatiques et réflexes de l'organisme en rapport avec les sentiments, émotions, passions. Observations de pathologie humaine confirmatives des résultats de l'expérimentation. Voies nerveuses spéciales d'innervation des muscles servant à l'expression involontaire des sensations, émotions, etc., distinctes des faisceaux volontaires des pyramides passant par le pied du pédoncule cérébral. Mimique émotive des anencéphales, etc. La vie affective des idiots au regard de l'absence des fonctions intellectuelles. Provocation de l'expression réflexe des sensations par stimulation périphérique chez un crétin, 1351-53. — I. Observations cliniques relevant de lésions destructives du thalamus et de ses voies d'irradiation. 1. Paralysie de la motilité volontaire des muscles de la face sans paralysie des mouvements de la mimique. Attaques de rire et de pleurer inextinguibles par perte de la motilité volontaire des muscles de la face ; le malade cesse de pouvoir inhiber les réactions de la mimique émotive. 2. Paralysie isolée de la mimique par lésion de la couche optique ou par interruption des voies centrifuges du thalamus passant par la calotte du pédoncule cérébral et par lésion du pont de VAROLE. 3. Cas de paralysie et des mouvements volontaires et des mouvements involontaires de la mimique dans les hémiplégies de cause capsulaire (interruption des faisceaux de la motilité volontaire de la face et compression exercée sur le thalamus), 1354-55. II. Observations cliniques relevant de lésions irritatives du thalamus et de ses faisceaux. Mouvements de la face et des extrémités provoqués par stimulation électrique du thalamus, où sont rassemblées les voies servant à l'innervation motrice involontaire. Mouvements choréiques de la face, des extrémités et du tronc par lésions circonscrites du thalamus et de ses faisceaux. Danse de Saint-Guy. Chorée. Chorée posthémiplégique. Hémichorée. NOTHNAGEL. RAYMOND. BECHTEREW. Athétose, 1355-57 ; 1379-82. Résumé des travaux de BECHTEREW sur la physiologie et la pathologie expérimentale des couches optiques dans leurs rapports avec les hémisphères cérébraux, 1357.

La mimique pathologique dans les affections du système nerveux central. Mimique des aliénés. Signification, valeur diagnostique et pronostique. ESQUIROL. DUCHENNE, etc. SIKORSKY, 1358. — Mélancolie avec stupeur. Manie. Démence secondaire, etc., 1358-60. — Mimique des dégénérés ; 3 types de mimique dégénérative. Expression de « joie douloureuse », différente de celle où, chez l'homme normal, la joie perce à travers le voile de la tristesse. HOMÈRE. DUCHENNE, 1360-62. — Mimique de la paralysie générale ; toutes les sortes d'altérations de la mimique sans parésie ni atrophie musculaires : la source des impulsions mimiques elle-même atteinte, 1362. — Des trois formes de mimique dégénérative, la frontale est la plus commune ; singe ; nouveau-né (DARWIN). La troisième forme, l'indifférenciée, caractéristique les races humaines inférieures. Fusion des muscles de la face chez le nègre nuisant à l'expression mimique. TH. CHUDZINSKI, 1363. — Absence générale de rapports entre les sentiments et leur expression dans la mimique pathologique. Cause ou effet. Altérations des centres de l'innervation mimique. Remarque de FREUSBERG, 1364.

Observation clinique de ROSENBACH de paralysie isolée de la mimique de la moitié gauche de la face avec hémianopsie bilatérale gauche. Diagnostic local des lésions de la couche optique. A. PICK. Cas de KIRILZEW, 1365-66. — Influence réflexe des excitations acoustiques sur les mouvements de la mimique, de la respiration, du pouls, des vaso-moteurs, 1367. — Pathogénie corticale du rire et du pleurer spasmodiques. BECHTEREW. Lésions bilatérales des aires motrices du cerveau abolissant la possibilité de l'inhibition volontaire des centres thalamiques des mouvements d'expression mimiques involontaires. Toujours en ces cas paralysie du facial isolée ou associée à celle des extrémités. Rire et pleurer incoercibles dans les névroses et les psychoses. Epilepsie. Hystérie. Folie (paranoia, etc.). Monosymptôme d'une névrose. Disposition névropathique. Famille de rieurs, 1367-69 ; 1372. Centres corticaux dont l'activité synergique détermine la combinaison de mouvements respiratoires, de tensions des cordes vocales, de sécrétion de larmes, de phénomènes moteurs et de mouvements mimiques volontaires des muscles du facial réalisant la symptomatologie du rire et du pleurer physiologiques, 1370-71. — Etiologie des contractions de la vessie avec émission d'urine involontaire au cours de ces phénomènes, 1371-72. — Rire incoercible dans les lésions organiques et fonctionnelles du cerveau, 1372. — Physiologie et pathologie spéciale du pleurer. BECHTEREW. Le pleurer physiologique : activité combinée des centres corticaux du facial, de la sécrétion lacrymale et de la vaso-motricité. Accès incoercibles de pleurs dans la paralysie générale, la syphilis cérébrale, les tumeurs et ramollissements du cerveau, les névroses. Même mécanisme que pour le rire incoercible : abolition des influences d'arrêt du télencéphale, etc., 1372-73. — Rire et pleurer spasmodiques, mouvements mimiques incoercibles dans la paralysie pseudo-bulbaire. OPPENHEIM. SIEMERLING. Foyers bilatéraux des hémisphères interrompant les deux voies motrices cortico-bulbaires des nerfs crâniens moteurs (facial, hypoglosse, etc.) et abolissant l'action des centres d'arrêt télencéphaliques. Mélange de rire et de pleurer. Paralysés volontairement, les muscles de la face, de la langue, du larynx, etc., se contractent d'une

façon réflexe sous l'influence des excitations périphériques ou des émotions. Dans le trismus, les sanglots déterminent l'ouverture de la mâchoire, 1373-75. Théorie de **Brissaud** sur le rire et le pleurer spasmodiques. Comme le rire et le pleurer, le bâillement peut être psychique, réflexe, spasmodique. Actes à mécanisme préétabli. Spasmes grimaçants par lésion irritative du bulbe soustrait à l'influence régulatrice des excitations corticales transmises par la couche optique. Mélange du rire et du pleurer dans la sclérose amyotrophique ou maladie de **Charcot**. Le thalamus, centre de coordination réflexe de tous les jeux affectifs de la physionomie. Une lésion uni ou bilatérale du segment antérieur de la capsule interne où passe le faisceau psychique issu de la région préfrontale abolit la stimulation volontaire, consciente, de la mimique émotive d'un côté ou des deux côtés de la face. De même après lésion bilatérale du faisceau géniculé de la capsule interne. Activité déréglée des noyaux moteurs bulbaires mis en jeu par les centres de coordination réflexes, thalamiques de la mimique. Le rire bulbaire. Dans tous les cas, interruptions de la voie volontaire, ou d'arrêt, cortico-thalamo bulbaire, 1375-77. — Le rire et le pleurer spasmodiques dans la démence postapoplectique. Observations cliniques et anatomo-pathologiques de **Mingazzini**, 1378. — L'émotivité, la facilité à pleurer, gémir, rire de l'enfant, de la femme, du vieillard, des involuants résulte de l'évolution incomplète ou de l'involution progressive des centres corticaux et des faisceaux d'association dont l'action régulatrice ou le pouvoir d'inhibition s'exerce sur le thalamus et ses réflexes émotifs. Démence paralytique. Dans les ramollissements encéphaliques, exposants d'une altération diffuse du cerveau, affaiblissement ou perte de l'action inhibitrice du neurone cortical glosso-facial sur le thalamus. Rire ou pleurer spasmodiques par ramollissements circonscrits du segment antérieur de la capsule interne, 1379. — Von **Monakow**. Rôle du thalamus dans l'ensemble du système nerveux central. Une partie de l'arc réflexe du rire et du pleurer émotifs a son siège dans la couche optique. Fonctions de sécrétion, de vaso-motricité, etc., localisées dans la couche optique. Mécanisme des mouvements réflexes du thalamus dans les mouvements choréiques et la mimique émotive, 1379-82.

CENTRES SENSORIELS (CENTRES SENSORI-MOTEURS). VISION. AUDITION. OLFACTION.

Aperçu général de la structure histologique des organes périphériques des sens. **Retzius**. **Lenhossek**. **Ramon y Cajal**. **Van Gehuchten**. Origine phylogénique commune du système nerveux sensitif et sensoriel. Le système nerveux sensoriel des Vertébrés rappelle la structure du système nerveux sensitif des Invertébrés. *Organe de l'odorat. Organe de l'ouïe.* Stade intermédiaire entre l'organe de l'odorat et les organes du tact et du goût : les cellules d'origine du nerf cochléaire se sont éloignées de l'épithélium et rapprochées du névraxe, 1383-84. — *Organe du tact. Organe du goût. Organe de la vue.* Tous les protoneurones, sensitifs ou sensoriels, sont des cellules bipolaires dont les prolongements périphériques et centraux n'ont que des rapports de contiguïté avec les éléments anatomiques à proximité de leurs ramifications, 1385.

Vision. — Travaux contemporains sur le centre cortical, les centres primaires et les faisceaux de projection de la vision, 1385-86.

Modes de connexion de la rétine avec les centres optiques primaires. — Origine et terminaison des fibres du nerf optique ou fibres rétiniennes (cf. fibres olfactives, fibres auditives, etc.), 1386-87. — Cellules visuelles de la rétine : cônes et bâtonnets. Pourpre rétinien. Vision de la lumière et des couleurs. **Kries**. **Parinaud**. Cellules bipolaires. Cellules ganglionnaires. Spongioblastes et fibres centrifuges du nerf optique. Constitution des bandelettes optiques : fibres optiques croisées et directes, fibres pupillaires, fibres maculaires, croisées et directes, fibres centrifuges, 1387-90. — Région de la vision distincte et du reste de la rétine. Conduction des impressions de la *fovea centralis* ; nombre de ses cônes. **Kunt** et **Wolffberg**. Connexion de chaque région maculaire avec les deux hémisphères. Persistance de la vision centrale ou maculaire dans l'hémianopsie ; la ligne de démarcation séparant la moitié aveugle du champ visuel de l'autre ne passe pas par la ligne médiane. Variations dans le mode d'entrecroisement des faisceaux maculaires comme dans celui des faisceaux croisés et directs des pyramides, 1390-91. — Centres optiques sous-corticaux, relais nucléaires des fibres rétiniennes. Mode de distribution des fibres rétiniennes dans les lobes optiques des Oiseaux, 1392-93. — Conditions histologiques de la fonction psychique de comparaison des impressions transmises à des groupes entiers de cellules par une seule fibre rétinienne. Conditions anatomiques de la vision centrale et des parties périphériques de la rétine, 1393-94. — Cellules d'origine et trajet des fibres centrifuges du nerf optique. **Wernicke**, **Monakow**, **Ramon y Cajal**. Fibres rétino-motrices d'**Engelmann**. Mouvements des cônes, etc., sous l'influence de la lumière et du système nerveux central. **Nahmmacher**. **Gotch** et **Horsley**, 1395-96.

Des centres primaires optiques à l'écorce du lobe occipital. Territoire calcarinien et rétine corticale. — Corps genouillés externes, pulvinars des couches optiques, tubercules quadrijumeaux antérieurs. Territoire calcarinien de la rétine corticale. **Henschen**, 1396-98. — Critique des théories anciennes sur les centres de la vision. Le lobe pariétal inférieur (P_2, pli courbe) n'a pas plus de rapport avec la vision directe des impressions lumineuses et chromatiques que le pulvinar, les tubercules quadrijumeaux, etc., chez l'homme. Hypothèse ancienne de la localisation de la sensibilité générale dans les régions du lobe occipital reconnu comme centre de la vision. **Ferrier**. **Charcot**.

Anciens schémas d'entrecroisement des nerfs optiques de Charcot, Grasset, etc., 1399. — Méthode et doctrine d'Henschen. Centre cortical de la vision limité à la scissure calcarine. Le cas typique. Point de cas de cécité connu relevant d'une lésion de la convexité du lobe occipital, si la radiation optique et son territoire d'expansion sont restés indemnes (Séguin). Structure anatomique de l'écorce du fond et des deux lèvres de la scissure calcarine. Théorie anatomique et physiologique de la projection de la rétine périphérique. Munk. Monakow. Henschen. Vialet. Points d'irradiation des parties centrale et périphériques de la rétine dans l'écorce de la scissure calcarine. Rapports entre les parties supérieure et inférieure du champ visuel et les lèvres de cette scissure. Chaque moitié des deux *maculae* est en connexion avec les deux hémisphères ; décussation partielle des fibres maculaires dans le chiasma, 1400-4. — Rétine cérébrale et sphère visuelle. Limites étroites du territoire calcarinien de projection des impressions visuelles (domaine de l'hémianopsie), étendue peut-être très vaste du territoire des représentations visuelles (convexité du lobe occipital, pli courbe). Le centre visuel des mots localisé dans le pli courbe par Dejerine. Cellules distinctes de perception et de représentations 1405. — Résumé. Constitution de la voie optique chez l'homme : 1° neurone antérieur, cellules ganglionnaires de la rétine (nerf optique, chiasma, tractus) s'arborisant dans le corps genouillé externe ; 2° neurone postérieur, cellules du corps genouillé externe (radiations optiques) s'arborisant dans l'écorce du fond et des lèvres de la scissure calcarine, 1405-6.

Mouvements réflexes et volontaires des yeux. — Mouvements des yeux déterminés par l'excitation des lobes cérébraux. Fonctions oculo-motrices du lobe occipital. Schäfer, 1406-7. — Critique de l'interprétation des expériences de Danillo. Expériences de Munk et d'Obregia. Les mouvements des yeux provoqués par l'excitation des sphères visuelles résultent de sensations visuelles. Réflexes rétiniens et réflexes visuels innés et acquis. Ces mouvements des yeux, des paupières, de l'iris, suite de la transmission, par les fibres centrifuges de la couronne rayonnante des sphères visuelles, de l'excitation du lobe occipital à des centres sous-corticaux, 1408-10 ; 1412. — Centres oculo-moteurs du lobe frontal, du lobe pariétal (Bechterew, Gerwer), 1411. — Expériences de Steiner sur les mouvements des yeux et de la tête chez les Vertébrés inférieurs confirmatives de celles de Schäfer et de Munk. Les phénomènes moteurs de la sphère visuelle, résultat de sensations de la vue, ne sont pas attribuables à la diffusion du courant de cette sphère à la zone motrice. Coupe de l'écorce entre les deux territoires corticaux. Voies directes centrifuges de la sphère visuelle à des centres sous-corticaux. De même pour les sphères auditive (mouvements de l'oreille), olfactive, gustative. Mouvements des yeux après excitation du *tectum mesencephali* chez les Poissons : cette partie du cerveau moyen correspond aux sphères visuelles du cerveau antérieur des Mammifères et des Oiseaux, 1412-15. — Développement comparé, phylogénique, des sphères sensibles de l'écorce par Steiner. Époques de l'excitabilité des sphères visuelles chez les Mammifères. Observations sur la vue des animaux nouveau-nés. Méthode expérimentale : transformer la sensation subjective en un mouvement objectif. L'excitabilité des sphères visuelles plus tardives que celle des zones motrices. Cobaye, Chat, Lapin, Chien. Précocité de l'olfaction et de l'audition au regard de la vision chez le chien : celle-ci n'est développée (vision centrale et périphérique, orientation) qu'au quarantième jour. Époque du développement de la sphère visuelle de l'enfant. Observations de Raehlmann, 1416-19. — Mouvements de convergence et d'accommodation des yeux dépendant du territoire cortical de la vision du lobe occipital déterminés par des perceptions de la vue. Knies. Mouvements réflexes ou involontaires des noyaux des muscles oculaires dont la complexité des réactions correspond à celle des excitations assaillant les appareils périphériques des sens. Mouvements volontaires oculo-moteurs transmis à ces noyaux par les fibres de la couronne rayonnante du lobe occipital. Indépendance des mouvements volontaires et involontaires des yeux, des mouvements réflexes d'accommodation et de convergence des axes visuels, impliquant l'existence de perceptions visuelles, et des réflexes lumineux pupillaires. Altération de la convergence et de l'accommodation avec conservation des réflexes oculaires d'ordre inférieur, 1420.

Fonctions des tubercules quadrijumeaux antérieurs et des lobes optiques, des ganglions de l'habénule et de la commissure postérieure du cerveau. — Travaux de v. Monakow sur les dégénérescences secondaires des corps genouillés externes, des tubercules quadrijumeaux, du pulvinar, consécutives aux lésions destructives des organes périphériques et centraux de la vision. Trajet central des fibres irido-motrices. Le réflexe lumineux pupillaire et les réflexes d'accommodation et de convergence dans le tabes et la paralysie générale. Signe d'Argyll Robertson, 1420-21 ; 1423. — L'arc réflexe d'innervation de l'iris de Wernicke. Leyden. Recherches expérimentales de Mendel ; dégénération du *ganglion habenulae* après l'iridectomie. Recherches non confirmatives de Monakow, Siemerling, Massaut. Station intermédiaire inconnue reliant les deux *termini* de l'arc diastaltique du réflexe lumineux de l'iris. L'onde nerveuse centripète doit atteindre directement le noyau de l'oculo-moteur, 1424 ; 1438-39.

Centres trophiques des nerfs optiques. — Influence trophique directe de la rétine sur les nerfs optiques. Microphthalmie. Anophthalmie. Pseudencéphalie, etc. Pierret. Giovanardi. Atrophie des éléments rétiniens, des nerfs et des lobes optiques chez les Invertébrés et Vertébrés vivant sous terre, etc., 1424. — Phénomènes de compensation (sensibilité tactile, etc.). Origines phylogéniques de l'organe et des sensations de la vue. Les fonctions photodermatiques sont les plus anciennes du sens de la vision. Contractions réflexes. Contractions réflexes analogues à celles de l'iris déterminées par la

lumière à travers les téguments d'Invertébrés dépourvus d'yeux (Protozoaires, Vers, Arthropodes Mollusques), 1425-26. — Développement de l'organe visuel de l'ectoderme. La pholade. Anatomie et physiologie comparées de ce mollusque ; R. Dubois, 1427. — Rétine (peau) et vision dermatoptique, phénomène tactile. Phototropisme. Variation négative. Sensations d'intensité lumineuse et sensations chromodermatoptiques. Distinction d'un sens lumineux et d'un sens chromatique différents d'un sens thermique chez les Invertébrés et Vertébrés aveugles ou privés d'yeux. W. Thomson. Graber. Forel. Broadbent, 1428. — Sensations lumineuse et chromatique de la *rétine*, sensations de contact et de température de la *peau* ; distinction des formes. Parallélisme des modes de sensations ayant leur origine dans ces deux membranes ; Aug. Charpentier, 1429.

I. Les hémianopsies. *Amblyopie croisée. Réaction pupillaire hémiopique. Dégénérescences ascendantes et descendantes.* — *L'hémianopsie bilatérale homonyme* ; cécité de la moitié de chaque rétine du côté correspondant à la face interne d'un lobe occipital lésé. La cécité peut porter sur la lumière ou sur les couleurs. Troubles visuels de l'hémicranie ophthalmique, 1429-30. — Jamais une lésion corticale unilatérale ne provoque une amaurose de l'œil opposé ou monoculaire. Wilbrand. Critique des faits et des théories sur l'amblyopie croisée de cause centrale. Ferrier. Charcot, 1431 ; 1449 ; 1466. — L'amblyopie dans l'hémianesthésie sensitivo-sensorielle des hystériques. Corrélation étroite entre l'amblyopie et l'anesthésie de l'œil. Féré. Lannegrace. Franckl-Hochwart, 1432-33. — Théories sur l'unilatéralité des troubles de la vision dans l'hystérie. Knies : trouble fonctionnel d'innervation vasculaire d'origine centrale (vaso-dilatation) déterminant, du fait de l'augmentation de calibre des vaisseaux, une compression du nerf optique au passage du *foramen opticum* entraînant un trouble transitoire de la fonction de l'œil. Lober sur les amblyopies hystériques, 1434. — Expériences de Lannegrace. Théorie vaso-motrice de Bechterew sur les relations de l'anesthésie sensitive et des anesthésies sensorielles (vue, audition, odorat, goût). Rapport entre l'amblyopie et l'anesthésie de la capsule oculaire. Section d'une racine sensitive du trijumeau : anesthésie de la moitié de la face et de la tête, troubles de nutrition de l'œil (M. Duval et Laborde), amblyopie du même côté. Ni lésion du nerf optique, ni des centres cortical et sous-cortical de la vision. De même pour les autres hémianesthésies sensorielles. Le trouble de nutrition, cause de l'anesthésie sensorielle, relève d'une irrigation sanguine défectueuse de l'organe. L'anesthésie de la rétine secondaire à l'anesthésie de la peau et des muqueuses du côté correspondant. Spasme artériel dans l'hémianesthésie des hystériques. Température inférieure des territoires anesthésiques. Spasme des vaisseaux de la rétine dans l'amblyopie qui accompagne l'anesthésie, 1435-37. — L'*hémianopsie monoculaire* ; lésion par compression des fibres visuelles du nerf optique avant l'entrecroisement partiel dans le chiasma ; les fibres pupillaires de ce nerf participant à la même lésion, la pupille de l'œil correspondant ne réagit que peu ou point à l'éclairage direct, mais réagit synergiquement à l'éclairage de l'autre œil, 1437-38. — Réaction hémiopique pupillaire (Wernicke), 1439. — Mode de réaction de l'iris (*sphincter* et *dilatator pupillae*) des Reptiles et des Oiseaux aux différents poisons. Changements de dimension de la pupille provoqués par les hallucinations de la vue. Féré. *Hémianopsie bitemporale, binasale, supérieure, inférieure*, 1440 ; 1446 ; 1450. — Entrecroisement partiel des nerfs optiques dans le chiasma. Newton. Gudden et Ganser. Nicati. Luciani et Tamburini. Opposition isolée de Michel et de Kölliker. Expériences de Singer et Münzer, L. Jacobsohn, Schmidt-Rimpler, Dexler, Bechterew, etc., 1441-42 ; 1447. — Anatomie du chiasma optique dans la série des Vertébrés par Ramon y Cajal ; les fibres directes de l'*opticus* sont des plus nettes chez les mammifères ; méthodes d'Ehrlich et de Golgi, surtout de Marchi, 1443-44. — Mode de projection des fibres rétiniennes sur le corps genouillé externe. Hémianopsie segmentaire bilatérale par lésion de la moitié dorsale du corps genouillé externe ; connexions limitées, non diffuses, des arborisations cylindraxiles des fibres rétiniennes avec les dendrites des cellules du corps genouillé. Observation anatomo pathologique de Henschen, 1445-47. — Découverte des origines centrales et des terminaisons cérébrales du nerf optique. Historique. Doctrine de la projection rétinienne. Goltz, Munk, Vitzou, 1448-50. — Recherches expérimentales et anatomo-pathologiques de von Monakow sur le rapport de la sphère visuelle avec les centres optiques primaires et le nerf optique démontrant la nature et les conditions de l'hémianopsie bilatérale homonyme. Etendue du « territoire de la scissure calcarine » et de la « sphère visuelle » de Monakow. Connexions anatomiques et fonctionnelles des cerveaux intermédiaire, moyen et antérieur dans la vision. Le *tapetum*, 1450-53. — Hypothèse de Monakow sur la terminaison diffuse des fibres maculaires dans le corps genouillé externe et sur la projection indirecte, également diffuse, de la *macula* jusqu'aux extrêmes limites de la sphère visuelle. Explication de la conservation partielle de la vision centrale ou maculaire dans l'hémianopsie corticale, 1454. — Atrophie ascendante dans le système optique tout entier consécutive à l'énucléation des deux bulbes oculaires. Recherche expérimentale et examen anatomo-pathologique. Hypertrophie compensatrice du corps genouillé interne et du lobe temporal dans l'atrophie du lobe occipital. Lésions des voies et centres primaires optiques. Observation clinique. Tomaschenski, 1455-57. — Nature et mécanisme des dégénérescences rétrogrades ou altérations cellulipètes du bout central des nerfs. Sottas, Gombault, Philippe, Klippel et Durante. Rapport de ce processus avec la dégénération wallérienne du bout périphérique. Unité anatomique, trophique et fonctionnelle du neurone. Influence trophique du corps cellulaire sur l'axone ; réaction du nerf aux influences locales des milieux qu'il traverse (névrite périphérique). Renaut (de Lyon). Hypothèse de Marinesco : la trophicité des cellules nerveuses et musculaires implique la continuité de leur excitation fonctionnelle, périphérique ou centrale. Atrophie des nerfs moteurs et des muscles par dégénérescence du proto-

Anciens schémas d'entrecroisement des nerfs optiques de Charcot, Grasset, etc., 1399. — Méthode et doctrine d'Henschen. Centre cortical de la vision limité à la scissure calcarine. Le cas typique. Point de cas de cécité connu relevant d'une lésion de la convexité du lobe occipital, si la radiation optique et son territoire d'expansion sont restés indemnes (Seguin). Structure anatomique de l'écorce du fond et des deux lèvres de la scissure calcarine. Théorie anatomique et physiologique de la projection de la rétine périphérique. Munk. Monakow. Henschen. Vialet. Points d'irradiation des parties centrale et périphériques de la rétine dans l'écorce de la scissure calcarine. Rapports entre les parties supérieure et inférieure du champ visuel et les lèvres de cette scissure. Chaque moitié des deux *maculae* est en connexion avec les deux hémisphères ; décussation partielle des fibres maculaires dans le chiasma, 1400-4. — Rétine cérébrale et sphère visuelle. Limites étroites du territoire calcarinien de projection des impressions visuelles (domaine de l'hémianopsie), étendue peut-être très vaste du territoire des représentations visuelles (convexité du lobe occipital, pli courbe). Le centre visuel des mots localisé dans le pli courbe par Dejerine. Cellules distinctes de perception et de représentations 1405. — Résumé. Constitution de la voie optique chez l'homme : 1° neurone antérieur, cellules ganglionnaires de la rétine (nerf optique, chiasma, tractus) s'arborisant dans le corps genouillé externe ; 2° neurone postérieur, cellules du corps genouillé externe (radiations optiques) s'arborisant dans l'écorce du fond et des lèvres de la scissure calcarine, 1405-6.

Mouvements réflexes et volontaires des yeux. — Mouvements des yeux déterminés par l'excitation des lobes cérébraux. Fonctions oculo-motrices du lobe occipital. Schäfer, 1406-7. — Critique de l'interprétation des expériences de Danillo. Expériences de Munk et d'Obregia. Les mouvements des yeux provoqués par l'excitation des sphères visuelles résultent de sensations visuelles. Réflexes rétiniens et réflexes visuels innés et acquis. Ces mouvements des yeux, des paupières, de l'iris, suite de la transmission, par les fibres centrifuges de la couronne rayonnante des sphères visuelles, de l'excitation du lobe occipital à des centres sous-corticaux, 1408-10 ; 1412. — Centres oculo-moteurs du lobe frontal, du lobe pariétal (Bechterew, Gerwer), 1411. — Expériences de Steiner sur les mouvements des yeux et de la tête chez les Vertébrés inférieurs confirmatives de celles de Schäfer et de Munk. Les phénomènes moteurs de la sphère visuelle, résultat de sensations de la vue, ne sont pas attribuables à la diffusion du courant de cette sphère à la zone motrice. Coupe de l'écorce entre les deux territoires corticaux. Voies directes centrifuges de la sphère visuelle à des centres sous-corticaux. De même pour les sphères auditive (mouvements de l'oreille), olfactive, gustative. Mouvements des yeux après excitation du *tectum mesencephali* chez les Poissons : cette partie du cerveau moyen correspond aux sphères visuelles du cerveau antérieur des Mammifères et des Oiseaux, 1412-15. — Développement comparé, phylogénique, des sphères sensibles de l'écorce par Steiner. Époques de l'excitabilité des sphères visuelles chez les Mammifères. Observations sur la vue des animaux nouveau-nés. Méthode expérimentale : transformer la sensation subjective en un mouvement objectif. L'excitabilité des sphères visuelles plus tardives que celle des zones motrices. Cobaye, Chat, Lapin, Chien. Précocité de l'olfaction et de l'audition au regard de la vision chez le chien : celle-ci n'est développée (vision centrale et périphérique, orientation) qu'au quarantième jour. Époque du développement de la sphère visuelle de l'enfant. Observations de Raehlmann, 1416-19. — Mouvements de convergence et d'accommodation des yeux dépendant du territoire cortical de la vision du lobe occipital déterminés par des perceptions de la vue. Knies. Mouvements réflexes ou involontaires des noyaux des muscles oculaires dont la complexité des réactions correspond à celle des excitations assaillant les appareils périphériques des sens. Mouvements volontaires oculo-moteurs transmis à ces noyaux par les fibres de la couronne rayonnante du lobe occipital. Indépendance des mouvements volontaires et involontaires des yeux, des mouvements réflexes d'accommodation et de convergence des axes visuels, impliquant l'existence de perceptions visuelles, et des réflexes lumineux pupillaires. Altération de la convergence et de l'accommodation avec conservation des réflexes oculaires d'ordre inférieur, 1420.

Fonctions des tubercules quadrijumeaux antérieurs et des lobes optiques, des ganglions de l'habénule et de la commissure postérieure du cerveau. — Travaux de v. Monakow sur les dégénérescences secondaires des corps genouillés externes, des tubercules quadrijumeaux, du pulvinar, consécutives aux lésions destructives des organes périphériques et centraux de la vision. Trajet central des fibres irido-motrices. Le réflexe lumineux pupillaire et les réflexes d'accommodation et de convergence dans le tabes et la paralysie générale. Signe d'Argyll Robertson, 1420-21 ; 1423. — L'arc réflexe d'innervation de l'iris de Wernicke. Leyden. Recherches expérimentales de Mendel ; dégénération du *ganglion habenulae* après l'iridectomie. Recherches non confirmatives de Monakow, Siemerling, Massaut. Station intermédiaire inconnue reliant les deux *termini* de l'arc diastaltique du réflexe lumineux de l'iris. L'onde nerveuse centripète doit atteindre directement le noyau de l'oculo-moteur, 1424 ; 1438-39.

Centres trophiques des nerfs optiques. — Influence trophique directe de la rétine sur les nerfs optiques. Microphthalmie. Anophthalmie. Pseudencéphalie, etc. Pierret, Giovanardi. Atrophie des éléments rétiniens, des nerfs et des lobes optiques chez les Invertébrés et Vertébrés vivant sous terre, etc., 1424. — Phénomènes de compensation (sensibilité tactile, etc.). Origines phylogéniques de l'organe et des sensations de la vue. Les fonctions photodermatiques sont les plus anciennes du sens de la vision. Contractions réflexes. Contractions réflexes analogues à celles de l'iris déterminées par la

Maxwell et Exner. Cônes et bâtonnets ; sensations chromatiques et achromatiques. L' « adaptation » à la lumière et à l'obscurité dépend de la fonction protectrice de la sécrétion de l'épithélium pigmentaire de la rétine contre la destruction exagérée du pourpre visuel environnant les segments externes des bâtonnets. Destruction et régénération (désassimilation et assimilation) du pourpre visuel. Photophobie des albinos. L'héméralopie, désassimilation exagérée et mal compensée du pourpre visuel. Parinaud. Kriénes. Cas d'héméralopie aigus en rapport avec des troubles de la nutrition et de la circulation (éclat de la lumière et élévation de la température (Gradenigo), famines, longs jeûnes, etc.). 1496-98. — Voies du *forceps-tapetum* reliant les deux lobes occipitaux et chaque lobe occipital au lobe temporal opposé. Aucun rapport de la commissure antérieure avec le lobe occipital. Critique de l'hypothèse (Dunn) d'un centre des images optiques des lieux localisé dans un hémisphère. Un lobe occipital suffit à cette fonction ; une destruction bilatérale l'abolit. Les images spatiales : associations en séries de représentations d'objets perçus successivement dans l'ordre où ils existent. Sachs. Conditions de la reconnaissance ; associations primaires et secondaires, 1498-99. — Considérations sur la nature des centres anatomiques et fonctionnels de l'écorce du cerveau en général, et en particulier sur la conception d'une dualité élémentaire de ces centres en moteurs et sensoriels ou sensitifs, en territoires de perception et de représentation. Distribution comparée des groupes de neurones « moteurs » dans l'écorce cérébrale, la moelle allongée et épinière. Rôle possible des neurones d'association de Golgi, Cajal, Monakow, 1500-1.

Audition. — Evolution des fonctions et des organes de l'ouïe. Tension de l'oxygène et de l'acide carbonique aux premiers âges géologiques. Paul Bert, 1501. — Phylogénie de l'oreille interne et externe et des tubercules quadrijumeaux postérieurs. Hydrosauriens. Oiseaux. Mammifères. 1502-3. — Les cellules ciliées et les cellules bipolaires du ganglion cochléaire. Caractère de différenciation plus élevé de l'organe de l'ouïe au regard de celui de l'olfaction. Retzius. Disposition anatomique du *ganglion acustici* ; comparaison avec celle des ganglions cérébro-spinaux chez les vers supérieurs et les Vertébrés, 1503-4. — Voies centrales et relais suivis par les impressions du son du ganglion cochléaire à l'écorce du télencéphale. I. Système direct de 1er ordre. *Fibres radiculaires de l'acoustique.* — Arborisation des racines nerveuses du nerf cochléaire dans le noyau antérieur ou ventral de l'acoustique, le *tuberculum acusticum*, les olives supérieures, etc., première station terminale du nerf cochléaire dans la moelle allongée, 1505-6. — II. Système indirect ou de 2e ordre de l'acoustique allant jusqu'aux tubercules quadrijumeaux postérieurs. *Voie centrale. Noyau antérieur de l'acoustique. Tuberculum acusticum. Olives supérieures. Noyau du corps trapézoïde. Noyau latéral du ruban de* Reil. Le corps trapézoïde et le noyau antérieur ; le corps trapézoïde, voie centrale du nerf acoustique. Flechsig et Bechterew. Held. Double origine des *striae acusticae*, voie secondaire : le *tuberculum acusticum* et le noyau antérieur Nature de ce système de fibres chez l'homme. Entrecroisement des fibres du corps trapézoïde, aussi bien que des stries acoustiques, en un faisceau formant la couche latérale du ruban de Reil ou ruban de Reil inférieur. Les huit éléments distingués par Held dans le ruban de Reil latéral, constituant la voie acoustique centrale. Ruban de Reil médian et ruban de Reil latéral, 1507-8. — III. Système indirect de 3e ordre de l'acoustique. *Voies réflexes (tubercules quadrijumeaux).* — Terminaison pour la plus grande part du ruban de Reil latéral dans les tubercules quadrijumeaux postérieurs (Flechsig et Bechterew) et, pour le reste, dans les tubercules quadrijumeaux antérieurs. Voie corticale directe de l'acoustique montant par le pédoncule cérébelleux supérieur à l'écorce du lobe temporal. Held. Bechterew. 1508-9 ; 1511. — Voie réflexe commune des nerfs de la vue et de l'ouïe, optico-acoustique, descendant des tubercules quadrijumeaux antérieurs aux noyaux des IIIe, IVe et VIe paires. Voies spéciales du nerf acoustique allant à la VIe paire, au noyau du facial, à la *formatio reticularis*. Phénomène physiologique de l'augmentation de l'acuité visuelle sous l'influence des impressions de l'ouïe localisé par Epstein dans la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux ; action réflexe sur la rétine exercée par les fibres centrifuges du nerf optique, 1509-11. — La voie centrale de l'acoustique est un prolongement croisé et direct du nerf cochléaire se terminant pour une grande partie dans le mésencéphale où la voie centrale se divise en une voie descendante et en une voie ascendante ou voie corticale acoustique directe. Held, 1511. — IV. Système indirect de 4e ordre de l'acoustique. *Voie corticale (corps genouillés internes, écorce du télencéphale).* — Après avoir traversé les bras postérieurs des tubercules quadrijumeaux postérieurs, la voie centrale du nerf acoustique s'interrompt dans les corps genouillés internes, dernière station de réception des fibres acoustiques de 2e et de 3e ordre. Terminaison dans la sphère corticale de l'audition (T_1). Voies centripète et centrifuge de la sphère auditive, 1511. — La dégénération secondaire à l'ablation du lobe temporal ne descend pas au delà du corps genouillé interne ; atrophie du bras du tubercule quadrijumeau et peut-être de celui-ci ; état des centres acoustiques primaires (noyau antérieur, *tuberculum acusticum*, noyau du corps trapézoïde, olive supérieure) et du ruban de Reil latéral. Monakow, 1512. — Chaque nerf acoustique en rapport avec les deux sphères auditives. De tous les nerfs sensoriels, l'acoustique se myélinise le dernier. La fonction de l'ouïe apparue la dernière dans le développement phylogénique des vertébrés. La musique et la parole. La raison, création de la parole, 1513. — Zone de l'aphasie sensorielle de Wernicke. Aire corticale du nerf cochléaire ou sphère auditive, troisième et quatrième cinquièmes postérieurs de T_1 (Naunyn). Détermination de cette sphère chez les enfants de deux mois. Les fibres acoustiques de la couronne rayonnante du corps genouillé interne se rendent par la capsule

neurone sensitif dans les amputations. Atrophie musculaire cérébrale, 1457-60. — Dégénérescence des centres primaires optiques. Les cellules bipolaires de la rétine (neurone direct ou de *Ier ordre*) correspondent aux cellules des ganglions spinaux, les cellules ganglionnaires de la rétine (neurone indirect ou de *IIe ordre*) aux cellules des cordons postérieurs de la moelle, les cellules des corps genouillés externes (neurone de *IIIe ordre*) aux cellules des noyaux de Goll et de Burdach ; des corps genouillés à l'écorce du lobe occipital, les radiations de Gratiolet ne constituent pas, comme les fibres du ruban de Reil au sortir du thalamus, la projection d'un quatrième neurone. Dégénération descendante suivie de l'écorce cérébrale jusqu'au tractus, au nerf optique et à la rétine. Développement inverse dans la série des vertébrés, des tubercules quadrijumeaux et des corps genouillés externes, de certaines parties du pulvinar et de l'écorce du télencéphale, 1461. — Dépendance des centres primaires optiques au regard de l'aire corticale visuelle, 1462. — Dégénérescence rétrograde cellulipète des grandes cellules solitaires du lobe occipital après une section passant par la partie postérieure de la capsule interne, 1463. — Expériences de résection du nerf optique. C. Colucci. Dégénération rétrograde : les altérations trophiques des cellules ganglionnaires de la rétine s'étendent aux éléments stratifiés de cette membrane, 1463-64. — Localisation dans le *cuneus* de l'hémianopsie bilatérale homonyme par Séguin ; explication de l'erreur de Ferrier. La cécité hémiopique dans les lésions du *gyrus angularis*, du *gyrus supramarginalis* et de P_2. Forel. Nothnagel, 1465-66. — L'aphasie optique. Wilbrand. Freund, 1467-68. — La cécité psychique. Munk. L'asymbolie de Wernicke. Aphasie optique et hémianopsie dans les abcès cérébraux d'origine otique, 1469-70.

II. Hallucinations hémiopiques homonymes. — *Hémianopsies en secteur. Hallucinations visuelles bilatérales.* — L'hallucination est une épilepsie corticale des centres sensoriels. Tamburini. Lésions irritatives du lobe occipital et hallucinations de la vue. Les hallucinations de la vue peuvent servir à établir le diagnostic topographique de la lésion corticale. Cas d'hallucinations hémiopiques homonymes d'A. Pick, Hun, Hoche, Peterson, Colman, Lamy, etc., 1470-72. — La limitation des hallucinations à un seul sens explique que les sujets aient conscience de la fausseté de leurs visions. Définition de l'hallucination : Exner ; Nothnagel, 1473. — Mécanisme de l'hallucination. L'hallucination vraie et fausse de Taine. Critique. Toute perception, vraie ou fausse, est une hallucination. L'intensité de l'image fait sa vérité. Hallucinations bilatérales homonymes. L'hallucinations relevant d'une lésion d'un lobe occipital doit affecter partiellement les champs visuels des deux yeux et être de nécessité bilatérale homonyme. Cas de Peterson. Il ne peut pas plus exister d'hallucination unilatérale de la vue que de cécité unilatérale ou croisée d'origine centrale, 1474.

Cécité corticale. *Mémoire des lieux ; idées d'espace ; vision des couleurs.* — La cécité corticale de Munk, l'amaurose cérébrale, hémianopsie bilatérale homonyme double, une double hémianopsie produisant une cécité totale. Cas de Bouveret, d'Oulmont, 1475. — Chauffard ; anopsie corticale ; caractère du syndrome, 1476. — Cas de Ph. Schirmer : cécité corticale avec hallucination de la vue. Autopsie (Edinger). Anatomie pathologique. Discussion de la localisation du point de la vision maculaire corticale dans les parties antérieure, moyenne ou postérieure de la scissure calcarine. Ce cas réalise l'expérience physiologique décisive pour la localisation des fonctions de la vision mentale, 1477-78 ; 1488-89. — Troubles de l'orientation dans la cécité corticale. Cas d'Hugo Magnus. La perte ou les troubles du sens des lieux ne relèvent pas uniquement de la perte d'images visuelles. Incapacité de se représenter des images en séries spatiales. Conditions anatomiques de la production et de la reproduction des souvenirs topographiques, 1479. Orientation. Sens de l'espace. Mémoire des localités. Les idées d'espace chez l'aveugle. Nature des images de l'espace tactile et visuel. Différence quant à l'orientation entre l'aveugle par cécité corticale et l'aveugle par lésion de l'appareil périphérique de la vue et l'aveugle-né, 1480-82. — Cécité de cause centrale et de cause périphérique. Cécité psychique. Démonstration expérimentale de la perte des représentations idéales de l'espace (mémoire des lieux, orientation) chez les chiens et singes rendus aveugles (cécité corticale) par l'ablation des lobes occipitaux ; Munk. Gravité moindre, chez l'homme, de la lésion de l'hémianopsie bilatérale ou double : conservation d'un champ minuscule de la vision centrale. Nature des effets de la lésion destructive du lobe occipital chez l'homme et l'animal, 1483-86. — Retentissement de la perte des éléments visuels des représentations sur les autres constituants des images mentales et de celle des éléments tactiles, auditifs, olfactifs ou gustatifs de ces images sur la nature des représentations de l'espace et des formes. Envahissement progressif de notre atlas tactile de l'espace par les signes de l'espace visuel. Différence de cet atlas de celui des aveugles-nés, 1486-87. — Autopsie et anatomie pathologiques du cerveau du malade de Förster par Sachs, 1487-88. — Théories de la persistance de la vision centrale dans l'hémianopsie de cause corticale. Le point rétinien de la vision distincte et le *calcar avis*. Hypothèse de Sachs sur l'existence d'un centre de perceptions lumineuses et chromatiques, territoire optico-sensoriel, et d'un centre de perceptions des formes, territoire optico-moteur, 1489-90. — Critique. Nature sensori-motrice du lobe occipital, 1490-91. — Question de la séparation ou de la coïncidence des centres corticaux de perceptions lumineuses et chromatiques. Hypothèse de Wilbrand. Coïncidence de ces centres dans la scissure calcarine. Henschen. Vialet. Holden. La faculté de distinguer les différentes couleurs varie avec celle de percevoir les divers degrés d'intensité lumineuse. Cécité des couleurs dans l'hémianopsie, 1491-93. — Doctrine de la dualité des sens de l'espace visuel et du sens des couleurs. Leber. Stilling. Cas clinique de Stefan, 1494-95. — Théories cérébrale et rétinienne de l'achromatopsie congénitale. Théories de la nature du sens des couleurs. Young-Helmholtz. Hering.

dernière de l'auteur sur la structure et les fonctions du système nerveux central. Mécanisme des processus psychiques de l'écorce télencéphalique. Nature de l'intelligence, fonction des faisceaux ou des centres d'association. Ce livre est l'histoire des organes et des fonctions de l'intelligence, 1536-38.

THÉORIE DES NEURONES

I. Golgi. — Méthode de la coloration noire ; méthode lente primitive. Ere nouvelle pour l'étude des problèmes de l'anatomie et de la physiologie du système nerveux central. Jugement de Kölliker sur les procédés nouveaux d'imprégnation et de coloration, 1539-40. — Les précurseurs. Meynert Structure histologique des couches stratifiées de l'écorce. Feutrage fibrillaire de l'écorce, point de réseau, 1540-41. — Exner. Méthode de coloration des gaines de myéline antérieure à la méthode à base d'hématoxyline de Weigert. Fibres tangentielles et fibres radiaires ; feutrage, 1541-42 — Structure et caractéristique de la cellule nerveuse selon Golgi. Structure fibrillaire. Contractilité du protoplasma des cellules nerveuses, 1543. — Prolongement nerveux, toujours unique ; prolongements protoplasmiques, multiples. Les actions réflexes du cerveau et de la moelle expliquées alors par les anastomoses des prolongements protoplasmiques du réseau diffus de Gerlach. Rapports des prolongements protoplasmiques avec les cellules de la névroglie et avec les parois des vaisseaux sanguins. Doctrine de la fonction trophique des prolongements protoplasmiques, 1544. — Deux types de cellules nerveuses, motrices et sensitives ou sensorielles, rappelant les cellules des cornes antérieures et postérieures, donnant naissance à deux catégories de fibres nerveuses : 1° fibres conservant leur individualité tout en émettant des collatérales ; 2° fibres se subdivisant en fibrilles ramifiées à une petite distance de leur origine. Les unes et les autres concourent par les ramifications ultimes et latérales de leurs cylindraxes à la formation d'un réseau nerveux diffus cylindraxile dans toute l'épaisseur de la substance grise. Les relations anatomiques et physiologiques des éléments nerveux des différentes régions de l'écorce résultent des anastomoses reliant les fibrilles émanées des prolongements nerveux moteurs des cellules du Ier type avec celles des prolongements nerveux sensitivo-sensoriels des cellules du IIe type, 1545. — Mécanisme des actions réflexes. Doctrine de Golgi sur la transmission nerveuse isolée, centripète et centrifuge. Voies électives et territoires corticaux à fonctions prédominantes Le seul criterium de la fonction d'une cellule nerveuse est dans la nature de son prolongement nerveux et de ses connexions anatomiques, non dans sa forme. Point de couches stratifiées nettement isolées dans l'écorce cérébrale. Au type à cinq couches substituer le type à trois couches (superficielle, moyenne, profonde) constituées de cellules pyramidales petites, moyennes et grandes et de cellules globuleuses et fusiformes. Les deux types de cellules partout réunis et confondus, quoique inégalement. Etude histologique de FA et O_1 pour l'examen critique des doctrines de Meynert et de Betz, 1546-47. — La diversité fonctionnelle des circonvolutions cérébrales s'explique, non par des particularités de structure, mais par la spécificité des organes périphériques avec lesquels les aires corticales sont en connexion au moyen des nerfs centripètes ou centrifuges. Constatation ultérieure de Golgi, sur des moelles de fœtus et de nouveau-nés, de l'existence réelle de cellules nerveuses motrices et de cellules de sensibilité, 1548. — Base anatomique pour la doctrine de la nature mixte de tous les territoires corticaux (Tamburini) et pour les observations des cliniciens et des physiologistes sur la coexistence des fonctions de la sensibilité et de la motilité dans les différentes zones de l'écorce cérébrale. Siège anatomique commun de la sensibilité générale et spéciale (tactile, visuelle, olfactive, auditive) et de l'innervation motrice des organes des sens correspondants et coexistence, en proportions diverses, des deux types distincts de cellules nerveuses. Pas d'exception absolue, même pour la moelle, 1549. — Doctrine de Meynert sur l'hétérogénéité des aires corticales du cerveau dérivée de la nature des organes périphériques ; seule, la fibre musculaire est motrice, non l'axone ni le corps cellulaire du neurone moteur. La plaque musculaire, transformateur d'énergie comme tout organe des sens. Tout nerf capable de provoquer l'activité d'un muscle strié ou lisse ou d'une glande n'est pas plus moteur que les racines postérieures ne sont sensitives, que le nerf optique n'est visuel. Hösel. Association et localisation, 1550-52. — Les nerfs de la sensibilité et du mouvement comparés par Meynert aux pseudopodes projetés dans le monde par les êtres vivants constituant la substance grise et blanche, sortes de protozoaires, possédant des manifestations psychiques comme les monades, les rhizopodes les amibes. Seule différence : les filaments nerveux sont des formations permanentes. L'illusion d'une conscience une où l'animal s'apparaît comme un seul être ne repose que sur une question de degré d'intensité et résulte de la prédominance de la colonie corticale. Chez un animal purement spinal (l'Amphioxus) point de conscience corticale, 1553-54. — Toutes les cellules nerveuses des organes des sens ne sont que la postérité des cellules épidermiques modifiées, différenciées, par adaptation. Les sensibilités spéciales se sont développées de la sensibilité générale. Spécialisation des éléments cellulaires par exagération de l'une de leurs propriétés au détriment des autres. Cl. Bernard. Doctrine de la spécialisation progressive, acquise par adaptation et fixée héréditairement, et de la diversité spécifique des éléments nerveux des centres fonctionnels de l'écorce. H. Munk contre W. Wundt. L'ablation des deux sphères visuelles détermine une cécité complète, celle d'une sphère visuelle une hémianopsie qui ne s'amende jamais, 1554-56. — Forel et Golgi. Forel a inauguré, avec His, la théorie des neurones. Les résultats de la méthode d'atrophie de Gudden et ceux de la méthode d'imprégnation de Golgi ruinent la croyance aux anastomoses, soit protoplasmiques, soit cylindraxiles, et au réseau nerveux diffus du système nerveux central de Golgi. Feutrage résultant des rapports de contiguïté des ramifications cellulaires. Neurones (Waldeyer) centripètes et centrifuges, sensibles et moteurs, sub-

interne en deux faisceaux aux deux *gyri transversi* (HESCHL) du lobe temporal, racines de T_1. Rapports anatomiques de l'insula postérieure avec ces circonvolutions. Structure spéciale de l'écorce de la sphère auditive, 1514 ; 1517. — Voies motrices reliant le lobe temporal avec les noyaux gris de la protubérance par les faisceaux externes du pied du pédoncule cérébral (f. de TÜRCK, voie temporo-protubérantielle) ; transmission des états d'excitation fonctionnelle de T_1 aux appareils moteurs des oreilles, aux rotateurs de la tête et du tronc. Point de fibres du *g. angularis* dans ces faisceaux. Région du *pulvinar* et du noyau interne du *thalamus*, seconde voie cortico-fugale. Observations pathologiques confirmatives de la localisation cérébrale du siège de l'audition et du centre sensoriel du langage, 1515-16. — Surdité verbale avec paraphasie, alexie et agraphie, 1516. — Pas de surdité dans les lésions unilatérales du lobe temporal. Phénomènes relevant de lésions irritatives du lobe temporal : convulsions à *aura* auditive, hallucinations de l'ouïe, etc. Diagnostic local ; OPPENHEIM. Hallucinations olfactives par lésions du *g. uncinatus* ou du *g. fornicatus*. Hémianopsie, hémianesthésie, hémiparésie dans les affections néoplasiques du lobe temporal, 1517-18. — Le *nerf vestibulaire* : origine, trajet, connexions, terminaisons. Connexions incertaines du nerf des canaux semi-circulaires avec le centre cortical de l'audition, le *g. hippocampi*, la sphère sensitive. Indices d'une voie cortico pétale du nerf vestibulaire. HELD. FLECHSIG. Fibres de l'acoustique destinées au vestibule et à la cochlée. Le liquide labyrinthique, les otolithes et la fonction du nerf vestibulaire. EWALD, EDINGER, 1518-20 ; 1527-28. — Myélinisation plus précoce des fibres du *n. vestibuli* que du *n. cochleae*. L'histologie des noyaux où se terminent les protoneurones sensitifs du nerf vestibulaire (noyaux de DEITERS, de BECHTEREW, *n. dorsalis*) diffère essentiellement du noyau ventral où s'arborise le nerf cochléaire. Cellule d'origine bipolaire du protoneurone vestibulaire dans le ganglion de SCARPA ; terminaison libre du prolongement périphérique dans l'épithélium des crêtes auditives des canaux semi-circulaires ; bifurcation dans la moelle allongée du prolongement central en branches ascendante et descendante dont les collatérales se terminent dans les noyaux d'origine des axones de la voie vestibulaire de 2e ordre. Noyaux de DEITERS, de BECHTEREW, noyau dorsal et noyau descendant. Arborisation des ramifications terminales de la branche ascendante dans le noyau du toit du cervelet ; faisceau acoustico-cérébelleux (CAJAL). Voies vestibulaires de 2e ordre : 1. faisceau longitudinal postérieur ; 2. voie latérale descendante ; 3. voie cérébelleuse directe, allant du noyau du toit dans l'écorce du cervelet. Collatérales du faisceau longitudinal postérieur aux noyaux oculo-moteurs des IIIe, IVe et VIe paires, 1520-21. — Voies descendantes issues des noyaux vestibulaires dorsal et descendant. Les voies de 2e ordre du nerf vestibulaire, voies courtes, sensitivo-motrices, réflexes, en relation avec des noyaux moteurs des mouvements des yeux, de la tête et du tronc. Contraste des voies centrales des nerf vestibulaire et cochléaire. Confirmation anatomique des résultats expérimentaux de ROLANDO et de FLOURENS sur les fonctions des nerfs des canaux semi-circulaires, 1521. — Théorie des fonctions des canaux semi-circulaires de LUGARO. Point de sens spécifique de l'équilibre, de l'espace, de l'orientation, 1522-24. — Importance de la voie cérébelleuse directe réalisant, par les voies réflexes du cervelet, les états de tension et de variation du tonus musculaire dans tous les cas où les mouvements volontaires ou réflexes de la tête, du tronc, compromettraient l'équilibre du corps. Relations fonctionnelles des labyrinthes et des zones rolandiques. Expériences d'EWALD. Effets de l'ablation successive des deux labyrinthes et des deux aires corticales des extrémités. Gravité des troubles moteurs consécutifs à la quatrième et dernière opération. Influence de la lumière et de l'obscurité sur les mouvements des animaux opérés. Intervention efficace de l'œil. Confirmation de la théorie du tabes de LEYDEN, 1525-27. — Conception nouvelle des fonctions de la zone motrice du cerveau. Phénomènes de déficit (diminution de la force et de la précision des mouvements, perte du sens musculaire) affectant toute la musculature striée après la section des nerfs de la VIIIe paire ou la destruction des canaux semi-circulaires. Comment le labyrinthe agit sur les muscles striés ; le *tonus labyrinthique*. La perte de ce tonus est d'autant mieux compensée que le vertébré est plus élevé (grenouille, pigeon, chien, homme). Hommes sans labyrinthes. Suppléance des labyrinthes par les aires corticales sensitives, du tonus labyrinthique par la sensibilité tactile, et *vice versa*, 1528-30.

Olfaction. — Histologie et embryologie. Les cellules nerveuses olfactives de la muqueuse de l'organe de l'odorat, démeurées à la périphérie, nullement comparables aux cellules de la muqueuse de l'organe du goût (papilles, etc.) et aux cellules ciliées de l'organe de l'ouïe. RETZIUS. Epoque de la myélinisation des fibres du *tractus olfactorius*. Terminaisons des racines du nerf olfactif dans l'écorce olfactive des lobes frontal et temporal. Structure histologique spéciale du *g. fornicatus*. Le noyau amygdalien. Faisceaux d'association de la corne d'Ammon, de la *fascia dentata*, etc. Connexions incertaines du *g. hippocampi* avec la sphère olfactive. FLECHSIG, 1530-31. — Les images olfactives du monde chez les mammifères macrosmatiques. ZWAARDEMAKER, 1531-32. — Bulbe olfactif, racines et territoires corticaux de l'olfaction. Homologie du *bulbus olfactorius* et des centres primaires de l'*opticus* ; la tête du corps strié, organe réflexe de l'odorat ; connexions anatomiques du centre de l'olfaction, selon MEYNERT. Le bulbe olfactif assimilé aux noyaux d'origine de la plupart des autres nerfs, de la rétine : OBERSTEINER. HIS. Doutes d'OPPENHEIM sur le siège central de l'olfaction dans le *gyrus uncinatus*. Observations cliniques, 1532-33. — Anatomie comparée du grand lobe limbique. ZUCKERKANDL. Involution régressive du lobe olfactif du Dauphin, opération réalisée par la nature, plus radicale que ne l'aurait été tout essai d'extirpation expérimentale de ce lobe. Partout et toujours la fonction a créé l'organe ; condition de progrès ou de décadence irrémédiable. Points de vue ancien et nouveau sur la nature immuable ou variable des organes. ARISTOTE. BURDACH, 1533-36. — Formule

dernière de l'auteur sur la structure et les fonctions du système nerveux central. Mécanisme des processus psychiques de l'écorce télencéphalique. Nature de l'intelligence, fonction des faisceaux ou des centres d'association. Ce livre est l'histoire des organes et des fonctions de l'intelligence, 1536-38.

THÉORIE DES NEURONES

I. Golgi. — Méthode de la coloration noire ; méthode lente primitive. Ere nouvelle pour l'étude des problèmes de l'anatomie et de la physiologie du système nerveux central. Jugement de Kölliker sur les procédés nouveaux d'imprégnation et de coloration, 1539-40. — Les précurseurs. Meynert. Structure histologique des couches stratifiées de l'écorce. Feutragé fibrillaire de l'écorce, point de réseau, 1540-41. — Exner. Méthode de coloration des gaines de myéline antérieure à la méthode à base d'hématoxyline de Weigert. Fibres tangentielles et fibres radiaires ; feutrage, 1541-42. — Structure et caractéristique de la cellule nerveuse selon Golgi. Structure fibrillaire. Contractilité du protoplasma des cellules nerveuses, 1543. — Prolongement nerveux, toujours unique ; prolongements protoplasmiques, multiples. Les actions réflexes du cerveau et de la moelle expliquées alors par les anastomoses des prolongements protoplasmiques du réseau diffus de Gerlach. Rapports des prolongements protoplasmiques avec les cellules de la névroglie et avec les parois des vaisseaux sanguins. Doctrine de la fonction trophique des prolongements protoplasmiques, 1544. — Deux types de cellules nerveuses, motrices et sensitives ou sensorielles, rappelant les cellules des cornes antérieures et postérieures, donnant naissance à deux catégories de fibres nerveuses : 1° fibres conservant leur individualité tout en émettant des collatérales ; 2° fibres se subdivisant en fibrilles ramifiées à une petite distance de leur origine. Les unes et les autres concourent par les ramifications ultimes et latérales de leurs cylindraxes à la formation d'un réseau nerveux diffus cylindraxile dans toute l'épaisseur de la substance grise. Les relations anatomiques et physiologiques des éléments nerveux des différentes régions de l'écorce résultent des anastomoses reliant les fibrilles émanées des prolongements nerveux moteurs des cellules du Ier type avec celles des prolongements nerveux sensitivo-sensoriels des cellules du IIe type, 1545. — Mécanisme des actions réflexes. Doctrine de Golgi sur la transmission nerveuse isolée, centripète et centrifuge. Voies électives et territoires corticaux à fonctions prédominantes. Le seul criterium de la fonction d'une cellule nerveuse est dans la nature de son prolongement nerveux et de ses connexions anatomiques, non dans sa forme. Point de couches stratifiées nettement isolées dans l'écorce cérébrale. Au type à cinq couches substituer le type à trois couches (superficielle, moyenne, profonde) constituées de cellules pyramidales petites, moyennes et grandes et de cellules globuleuses et fusiformes. Les deux types de cellules partout réunis et confondus, quoique inégalement. Etude histologique de FA et O_1 pour l'examen critique des doctrines de Meynert et de Betz, 1546-47. — La diversité fonctionnelle des circonvolutions cérébrales s'explique, non par des particularités de structure, mais par la spécificité des organes périphériques avec lesquels les aires corticales sont en connexion au moyen des nerfs centripètes ou centrifuges. Constatation ultérieure de Golgi, sur des moelles de fœtus et de nouveau-nés, de l'existence réelle de cellules nerveuses motrices et de cellules de sensibilité, 1548. — Base anatomique pour la doctrine de la nature mixte de tous les territoires corticaux (Tamburini) et pour les observations des cliniciens et des physiologistes sur la coexistence des fonctions de la sensibilité et de la motilité dans les différentes zones de l'écorce cérébrale. Siège anatomique commun de la sensibilité générale et spéciale (tactile, visuelle, olfactive, auditive) et de l'innervation motrice des organes des sens correspondants et coexistence, en proportions diverses, des deux types distincts de cellules nerveuses. Pas d'exception absolue, même pour la moelle, 1549. — Doctrine de Meynert sur l'hétérogénéité des aires corticales du cerveau dérivée de la nature des organes périphériques ; seule, la fibre musculaire est motrice, non l'axone ni le corps cellulaire du neurone moteur. La plaque musculaire, transformateur d'énergie comme tout organe des sens. Tout nerf capable de provoquer l'activité d'un muscle strié ou lisse ou d'une glande n'est pas plus moteur que les racines postérieures ne sont sensitives, que le nerf optique n'est visuel. Hösel. Association et localisation, 1550-52. — Les nerfs de la sensibilité et du mouvement comparés par Meynert aux pseudopodes projetés dans le monde par les êtres vivants constituant la substance grise et blanche, sortes de protozoaires, possédant des manifestations psychiques comme les monades, les rhizopodes, les amibes. Seule différence : les filaments nerveux sont des formations permanentes. L'illusion d'une conscience une où l'animal s'apparaît comme un seul être ne repose que sur une question de degré d'intensité et résulte de la prédominance de la colonie corticale. Chez un animal purement spinal (l'Amphioxus) point de conscience corticale, 1553-54. — Toutes les cellules nerveuses des organes des sens ne sont que la postérité des cellules épidermiques modifiées, différenciées, par adaptation. Les sensibilités spéciales se sont développées de la sensibilité générale. Spécialisation des éléments cellulaires par exagération de l'une de leurs propriétés au détriment des autres. Cl. Bernard. Doctrine de la spécialisation progressive, acquise par adaptation et fixée héréditairement, et de la diversité spécifique des éléments nerveux des centres fonctionnels de l'écorce. H. Munk contre W. Wundt. L'ablation des deux sphères visuelles détermine une cécité complète, celle d'une sphère visuelle une hémianopsie qui ne s'amende jamais, 1554-56. — Forel et Golgi. Forel a inauguré, avec His, la théorie des neurones. Les résultats de la méthode d'atrophie de Gudden et ceux de la méthode d'imprégnation de Golgi ruinent la croyance aux anastomoses, soit protoplasmiques, soit cylindraxiles, et au réseau nerveux diffus du système nerveux central de Golgi. Feutrage résultant des rapports de contiguïté des ramifications cellulaires. Neurones (Waldeyer) centripètes et centrifuges, sensibles et moteurs, sub-

ordonnés aux neurones de l'écorce cérébrale et aux neurones intermédiaires de la moelle, du cervelet, du thalamus, etc., centres plus anciens que le cerveau des hémisphères, plus importants chez les vertébrés inférieurs que chez l'homme. STEINER, 1557-58. — Psychologie et physiologie cérébrale, deux études d'un même objet sous deux aspects. Théorie des neurocymes ou ondes nerveuses de FOREL, 1559. — Activité devenue automatique ou restée plastique des masses de substance nerveuse du cerveau. Instinct et intelligence actuelle. Le volume relatif du cerveau de la Corneille et de la Poule explique la plasticité de leur intelligence. Dispositions héréditaires de cette activité, 1560. — Accord de FOREL et de KÖLLIKER dénonçant l'hypothèse de GOLGI des anastomoses des prolongements nerveux des cellules. KÖLLIKER contre une autre hypothèse de GOLGI sur la nature non nerveuse des prolongements protoplasmiques et sur leur direction dans les régions superficielles de l'écorce où n'existeraient pas de fibres nerveuses. Critiques péremptoires de KÖLLIKER datant de la première heure et souvent renouvelées depuis, 1561. — W. HIS et GOLGI. Doutes sur la réalité d'un réseau nerveux central élevés par HIS en même temps que FOREL : terminaison libre des fibres nerveuses dans les centres comme à la périphérie. Les ramifications terminales des neurones constituent un feutrage, non un réseau, dans la substance grise du cerveau et de la moelle. Nerfs acoustique et optique. Nature nerveuse des dendrites, sorte de « racines ». Importance des neurones endogènes ou d'association. Les mêmes nerfs afférents qui, par leurs collatérales, déterminent des réflexes directs sur leur trajet, sont aussi la condition des sensations et perceptions conscientes du télencéphale. Conception nouvelle de HIS touchant l'embryologie du névraxe. Cellules germinatives, neuroblastes, neurones. Faculté motrice autonome des jeunes cellules ; migration des neuroblastes ; marche et orientation des cellules nerveuses dans la moelle, le système sympathique, le cerveau. L'organisation du système nerveux, expression d'un processus biologique en marche ; continuité et enchaînement des phénomènes de la vie. Le cerveau se forme du cerveau et, dans chaque individu, sorte de vague de l'océan de l'être, se répètent les mêmes événements d'ordre moral et intellectuel. Transmission héréditaire des moindres particularités de l'organisation cérébrale, 1562-65. — FOREL contre GOLGI : la continuité n'est pas nécessaire pour expliquer la propagation des ondes nerveuses ; la distinction des cellules en motrices et sensibles est sans fondement, les premières étant seulement centrales, les secondes périphériques. Seul le mode de terminaison d'une fibre juge sa fonction, 1565-66. — Les doctrines de l'École de GOLGI chez NANSEN. Conception du mécanisme des mouvements réflexes et volontaires dans l'hypothèse du réseau nerveux central où les cellules n'ont entre elles aucun rapport direct. Les incitations sont transmises sans passer par les cellules nerveuses (déchues de leurs fonctions psychiques) des divers centres du névraxe. Le siège de l'activité centrale du système nerveux (intelligence, conscience) est le réseau fibrillaire central de l'écorce et son développement est en raison de la complexité de ce réseau. Les cellules nerveuses simples centres trophiques des nerfs, 1566-67. — Les découvertes de GOLGI en Italie. SEPPILLI, LUCIANI, BIANCHI, G. LÉVI. Recherches sur la structure et les fonctions du noyau et du nucléole. La nucléine dans les noyaux des cellules nerveuses des animaux supérieurs et inférieurs. Réactions chimiques contraires des substances du nucléole et du noyau. Modifications du nucléole avec les différents états d'activité et de repos fonctionnels du neurone, 1568-69. — Augmentation et diminution de volume du nucléole sous l'action de poisons excitants et paralysants (strychnine et chloroforme). Expériences de MANARESI. Les nucléoles des cellules des ganglions spinaux participent aux processus des nucléoles des cellules des cornes antérieures, participation anatomique impliquant une participation physiologique des premières aux symptômes de l'empoisonnement par la strychnine. L'orientation des nucléoles des cellules nerveuses motrices dans le lobe électrique de la torpille à l'état de repos et d'excitation. Faits et lois établis par MAGINI, 1569-71. — Analyse microchimique des produits d'excrétion intracellulaires du métabolisme de la cellule nerveuse : les granules interfibrillaires ou fuchsinophiles de LÉVI. A la partie achromatique de la cellule nerveuse ressortit seule une part active de la fonction. Activité intense des processus d'échanges dans les cellules des ganglions spinaux et dans les neurones en général. Vascularisation abondante des centres nerveux ; importance capitale de l'oxygène pour la vie du neurone, 1572-74. — Conception actuelle de GOLGI sur le réseau nerveux diffus de la substante grise centrale. Opposition persistante aux trois postulats de la théorie des localisations cérébrales, 1575-77. — Maintien de l'unicité du prolongement nerveux, de la division en protoplasmiques et nerveux des prolongements cellulaires, de la marche du courant du prolongement cylindraxile à la cellule. Négation de la théorie de la polarisation dynamique. Existence d'un revêtement neurokératinique, isolateur du corps cellulaire et de ses prolongements, invoquée en faveur de la doctrine de la continuité contre celle de la transmission nerveuse par contiguïté, 1578.

S. Ramon y Cajal. — Terminaison libre des prolongements cellulaires à la place du réseau nerveux diffus de GOLGI. Point d'anastomoses. Distinction injustifiée des deux catégories de cellules nerveuses de GOLGI. La fonction trophique et les connexions des dendrites admises par GOLGI, croyance qui s'éteint sur place dans l'École italienne. Découverte anatomique des collatérales par GOLGI ; leur physiologie due à RAMON Y CAJAL, KÖLLIKER, VAN GEHUCHTEN, LENHOSSEK. Rôle des collatérales dans la moelle, le cervelet, le cerveau, 1579-81. — Morphologie et connexions des éléments nerveux de la moelle épinière ; cellules radiculaires et cellules des cordons. Racines, branches ascendante et descendante, collatérales longues (collatérales réflexes) et collatérales courtes (se terminant dans la substance de ROLANDO, les colonnes de CLARKE) des cordons postérieurs d'origine exogène, 1581-82. — Les quatre couches stratifiées de l'écorce cérébrale : 1. *zone moléculaire*. Quatre types de neurones autochthones : cellules de CAJAL ; cellules polyaxones de LENHOSSEK ; cellules étoilées

diverses espèces de cellules nerveuses. Expériences de Nissl. La possibilité de *restitutio ad integrum* des cellules affectées dépend de la gravité des lésions du noyau. Symptômes de dégénérescence irréparables de la substance achromatique ou fibrillaire (coloration de Becker). La diversité fonctionnelle des centres nerveux correspond à celle des espèces de neurones qui les constituent. L'hétérogénéité histologique de ces centres augmente avec leur degré de complexité fonctionnelle et est à son maximum dans l'écorce cérébrale. La physiologie du système nerveux a reçu de ces recherches histopathologiques un de ses plus puissants instruments d'analyse, 1606-8. — Théories des unicistes et des particularistes sur l'homogénéité ou l'hétérogénéité structurale et fonctionnelle de l'écorce. Cajal inaugure une série d'études sur la structure comparée des diverses régions de l'écorce du cerveau humain. Histologie du territoire calcarinien. Description des huit couches de l'écorce de la scissure calcarine. La rétine corticale et la quatrième couche des cellules étoilées (strie de Gennari). Ramifications, dans cette quatrième couche de l'aire visuelle, en plus grand nombre encore que dans l'aire sensitive du corps, de *fibres de* Cajal, ascendantes et de fort calibre, dont les gaines de myéline contribuent à donner sa coloration au ruban de Vicq d'Azyr. Ces fibres myéliniques sont des fibres optiques. Description de deux types nouveaux de neurones d'association qui seraient, dans l'épaisseur de l'écorce, ce que sont dans la zone moléculaire les cellules de Cajal et de Retzius. Il existe des types cellulaires définis à fonctions également définies. Dans l'aire visuelle, comme dans l'aire tactile, les *fibres de* Cajal se terminent dans une couche où abondent des cellules étoilées spéciales. S'il en est ainsi dans toutes les sphères corticales de la sensibilité (aires de projection), c'est dans cette couche de l'écorce que l'image du monde serait projetée, 1608-12. — I. *Conditions histologiques des impressions et des perceptions (idéation)*. L'avalanche de conduction ; loi entrevue par Golgi, établie par Cajal. Une perception sensible diffère d'une autre de même nature par le nombre et la situation respective des groupes de pyramides corticales mises en vibration par l'avalanche. Mécanisme histologique du souvenir, ressemblance et dissemblance, opposition et contraste. Une perception suffit, grâce aux vastes associations intracorticales, pour que tout le registre des souvenirs sensoriels soit parcouru, 1613-15. — II. *Hypothèse sur le mécanisme histologique de l'association, de la veille et du sommeil.* Hypothèses sur les causes des changements du travail mental, y compris celle de M. Duval. Point de mouvements amiboïdes observables dans les prolongements tant nerveux que protoplasmiques des neurones durant l'état d'activité ou de repos du système nerveux central. Observations directes opposées par Cajal à l'hypothèse de Duval. Hypothèse de la participation des cellules de la névroglie à l'activité des fonctions psychiques supérieures. Variations morphologiques des cellules de névroglie corrélatives à l'état d'activité ou de repos des cellules nerveuses. Réfutation des deux théories des fonctions trophiques et de soutènement des cellules de névroglie : 1. cellules névrogliques de la substance blanche ; 2. cellules névrogliques périvasculaires ; 3. cellules névrogliques de la substance grise. *a*, Stade de contraction. Par la rétraction de leurs prolongements, des contacts s'établissent entre les panaches des cellules pyramidales et les arborisations nerveuses ; le cerveau passe, par ce mécanisme automatique ou volontaire, de l'état de repos à l'activité. *b*, Etat de relâchement. Les prolongements des cellules de névroglie s'étendent entre les panaches et les arborisations cylindraxiles et les isolent ; interruption des courants nerveux ; phase de repos mental, de sommeil naturel ou provoqué, 1615-17. — III. *Théorie de l'attention volontaire de Cajal.* Rétraction intense des prolongements des cellules névrogliques périvasculaires fixés sur les capillaires du centre cortical correspondant à l'événement psychologique ; dilatation mécanique de ces capillaires s'étendant à presque tout leur espace lymphatique ; hyperhémies localisées consécutives, aussi limitées que le processus de l'attention actuelle. Critique de la congestion active des capillaires cérébraux, dépourvus de fibres musculaires et de nerfs ; excitées par le grand sympathique, les artères de la pie-mère ne détermineraient que des congestions étendues, mal délimitées. Valeur qu'attribue Cajal lui même à cette hypothèse, 1618.

Critique de l'hypothèse de Cajal sur les fonctions de la névroglie présentée par Kölliker. Aucune preuve de la contractilité attribuée à certaines catégories de cellules névrogliques. Si les unes sont contractiles, toutes devraient l'être. Rien n'établit l'existence d'une propriété isolatrice de la névroglie. La « volonté » ne saurait agir que sur les neurodendrones, non sur des éléments qui sont en dehors du système nerveux. Les plus fins vaisseaux de l'écorce sont pourvus de fibres musculaires et de nerfs. Chez nombre de Vertébrés inférieurs, pas encore de cellules de névroglie, mais des prolongements de cellules épendymaires s'étendant à travers tout le centre nerveux, 1619-21. — Rôle des cellules névrogliques et épendymaires selon Kölliker. Substance de soutien, d'enveloppe protectrice, de remplissage. Fonction protectrice de la couche de névroglie étendue sur la surface de la moelle épinière et du cerveau ; manchon des capillaires. Rejet de l'hypothèse de la fonction isolatrice, 1621. — Rôle des éléments nerveux selon Kölliker. Direction des courants nerveux : cellulipètes dans les dendrites, cellulifuges dans les axones. Nutrition du corps cellulaire et de ses prolongements ; croissance ; régénération. Fonctions cardinales de la portion nucléée du neurodendrone. Seules, les cellules du cerveau peuvent être dénommées « psychiques » ; cellules pyramidales. Doctrine de Cajal. Critique de la théorie des cellules dites psychiques. Origine commune du cerveau et de la moelle épinière. Le cerveau n'est que le métamère antérieur des métamères homodynames constituant le vertébré primordial. Steiner, 1621-23. — Kölliker contre la nouvelle théorie de la division fonctionnelle de l'écorce cérébrale de Flechsig, 1624. — Critique de l'amiboïsme attribué aux neurones. Rabl-Rückhard. Wiedersheim. Critique spéciale, par Kölliker, des hypothèses de Lépine et de M. Duval. Pas un seul fait n'atteste l'existence de mouvements amiboïdes soit des dendrites, soit des neuraxones. Les conséquences de cette hypothèse

opposent à l'onde nerveuse est peut-être la condition de la conscience. L'habitude, l'automatisme et l'activité inconsciente du système nerveux central. Limites infranchissables imposées aux aptitudes psychologiques dans l'individu et dans l'espèce, 1647-49. — Hypothèse chimiotaxique de CAJAL sur les causes des migrations et de l'orientation des neuroblastes. Historique : HENSEN ; W. HIS et HIS junior ; LENHOSSEK ; STRASSER, 1650-51. — Mouvements amiboïdes des neuroblastes et orientation de leur axone sous l'influence de substances sécrétées par les épithéliums et les tissus mésodermiques. Chimiotaxie positive et négative, 1652-53. — Adaptation nouvelle de l'hypothèse à l'histogenèse et à l'organogénie de la moelle épinière. Conditions chimiques et mécaniques de la marche des cônes d'accroissement et de l'établissement des connexions des neurones embryonnaires, 1653-56.

Le système nerveux central représente le dernier terme de l'évolution de la matière vivante. Epiderme, systèmes nerveux et musculaire. Fonctions primordiales du système nerveux : adaptation de réactions en rapport avec l'alimentation, la protection et la défense des organismes. Les phénomènes de sensation, pensée, entendement, volonté, résultat d'un perfectionnement des organes primitifs de protection et de défense. Réactions des Protozoaires et des Protophytes aux stimuli externes. Existence, dans le protoplasma des Protozoaires, d'un substratum conducteur et moteur : le spongioplasma ou reticulum cellulaire. Solidarité fonctionnelle des différentes parties de la cellule. Cils et flagella. Rudiments de localisation et de centralisation de phénomènes jusque-là disséminés dans tout le corps cellulaire, 1657-58. — Animaux cellulaires dépourvus de système nerveux. Eponges. Système nerveux des Polypes ; neurones sensitifs et moteurs. Vers ; cellules d'association interganglionnaires : une grande partie, la totalité de l'appareil locomoteur peut réagir à une excitation. Gastéropodes, Crustacés, Insectes, Neurones « psycho-moteurs » du ganglion cérébroïde des Invertébrés ; action directrice, inhibitrice ; souvenirs, intelligence, volonté, 1658-60. — La supériorité du ganglion céphalique, au regard des autres ganglions œsophagiens et abdominaux, dépend de ses relations avec le monde extérieur par le canal des sens (vue, olfaction, ouïe). Phylogénie du cerveau et de la moelle épinière des Vertébrés issus du ganglion cérébroïde et de la fusion en un seul cordon nerveux de la double chaîne ganglionnaire des Invertébrés. Le grand sympathique, 1661. — Emigration successive à l'intérieur et concentration en amas ganglionnaires des neurones sensitifs dans la série animale. Causes invoquées par CAJAL, 1662. — Persistance des dispositions constitutives de la chaîne ganglionnaire des Invertébrés dans la moelle épinière des Vertébrés. Morphologiquement, les éléments nerveux des Vertébrés ne diffèrent par aucun changement important de ceux des Invertébrés. Classes de neurones dont la morphologie est restée la même (neurones sensoriels et sensitifs), 1662-63. — Lois du développement des différents systèmes d'organes constituant le système nerveux. 1. Multiplication des neurones pour l'augmentation du nombre des association interorganiques. 2. Différenciation morphologique des neurones par adaptation progressive en vue de la vitesse de transmission. 3. Concentration (intégration) en ganglions des neurones primitivement isolés. Fusion des centres du système nerveux des Vers, des Mollusques, des Crustacés ; moelle épinière des Vertébrés. Loi d'épargne du protoplasma combinée avec celle de l'économie de temps de CAJAL. Intégration progressive des centres nerveux par les commissures transversales et longitudinales. Perfectionnement de l'acte réflexe ; synergie de tous les muscles de l'organisme ; coordination des actes propres à la défense et à l'alimentation. Persistance de ces mécanismes inconscients dans la moelle et le cerveau des Vertébrés supérieurs : fondement des adaptations instinctives du système nerveux aux nécessités premières de la vie, 1663-65. — Conservation, à l'état latent, des impressions sensitives et sensorielles non réfléchies par réactions réflexes et transformation de ces impressions en images (idées et volitions) par les neurones du ganglion céphalique ou cerveau. Genèse des souvenirs, pensées, jugements, reposant sur la liaison par contiguïté des neurones d'association des centres corticaux de projection, 1665.

A. van Gehuchten. — Réforme de la théorie de GOLGI sur la nature des prolongements protoplasmiques et nerveux du neurone. Direction inverse de la conduction dans ces prolongements. Théorie de la polarisation dynamique des éléments nerveux (1891). Historique, 1667-69. — Modifications de la formule de cette théorie par VAN GEHUCHTEN et RAMON Y CAJAL, législateurs de la loi. Conductibilité indifférente (cellulipète et cellulifuge) du corps cellulaire et de la partie voisine des gros troncs protoplasmiques, 1670-71. — Variante permettant de conserver l'ancienne formule ; LUGARO, 1671-72. — Discussion de la formule de la polarisation axipète de CAJAL. Les ondes nerveuses apportées par les dendrites traversent le réticulum cellulaire avant d'être transmises au cylindraxe ; le corps cellulaire, siège de synthèses nerveuses spéciales, n'est pas un simple conducteur, 1673-75. — Criterium de la nature fonctionnel d'un prolongement nerveux tiré de la direction suivant laquelle il conduit le courant par rapport à l'axe cérébro-spinal. Lieu du contact utile entre neurones, 1675-76. — Cellules bi et unipolaires ; transition. Ganglions cérébraux et ganglions spinaux. Le bulbe olfactif dans la série des Vertébrés. Protoneurone olfactif, glomérule, cellule mitrale (neurone olfactif central). Rétine, nerf optique et centres optiques primaires, 1677-79. — Anatomie fine et physiologie du système nerveux sympathique, rameau détaché du système nerveux cérébro-spinal. VAN GEHUCHTEN, KÖLLIKER, 1679-80. — Fibres motrices des racines postérieures de la moelle épinière chez les vertébrés inférieurs ; cellules d'origine dans la corne antérieure (cellules radiculaires motrices postérieures). RAMON Y CAJAL, V. LENHOSSEK, VAN GEHUCHTEN, RETZIUS, SHERRINGTON, etc. Fibres viscérales centrifuges des racines postérieures. Critique des expériences de STEINACH par HORTON-SMITH (LANGLEY), 1681-83. — Cellules multipolaires des ganglions spinaux, distinctes des cellules bipolaires et unipolaires, dans les larves de Batraciens et les embryons de Reptiles, d'Oiseaux et de Mammifères.

Souvenir ancestral de la mémoire organique rappelant la communauté d'origine des neurones des ganglions spinaux avec ceux du reste du système nerveux central, 1684-85. — Mode de division des racines postérieures dans la moelle épinière des Reptiles : les collatérales réflexes proviennent non du faisceau interne (Oiseaux, Mammifères), mais du faisceau externe. Constitution des différents cordons de la moelle épinière. Cellules endogènes des cordons postérieurs. Part des fibres endo et exogènes dans la composition des cordons postérieurs des Reptiles et des Oiseaux. Mammifères, 1686. — Marche des cônes de croissance dans la moelle épinière des embryons d'Ophidiens ; libres terminaisons des prolongements nerveux, 1687. — Voies longues et voies courtes du névraxe, 1687-88. — La théorie des neurones et la physiologie du système nerveux central. Interprétation de la structure et du mécanisme de la moelle épinière ; fonctions des collatérales, 1688-90.

Structure réticulée du réseau achromatique constituant le protoplasma cellulaire. Dépôt de la substance chromatique sur les points nodaux et les trabécules du réseau : le bloc chromatique résulte de l'extension de l'incrustation de ces parties des mailles polygonales du réticulum, charpente de ces masses d'aspect souvent vacuolaire. La partie achromatique du protoplasma sert à la transmission des courants ; la partie chromatique, accumulée dans le corps cellulaire à l'état de repos, destinée à être utilisée dans l'état d'activité du neurone. Accord de cette conception avec la doctrine de Ramon y Cajal et de Flemming, 1690-91 ; 1695. — Contre l'hypothèse de granulations chromatiques unies par une substance amorphe formant les blocs chromatiques (Nissl, Becker, Lenhossek, Lugaro). Même structure réticulée du protoplasma des cellules des ganglions spinaux et des neurones moteurs (cellules somatochromes), 1692. — Structure du cône d'origine de l'axone dans les diverses espèces de cellules nerveuses, 1693 ; 1695. — Diversité de types cellulaires, de valeur physiologique différente, des cellules constituant les ganglions spinaux, 1694. — Noyau et nucléole. Le réseau karyoplasmatique est acidophile, le nucléole basophile, 1695. — Modifications provoquées dans les cellules d'origine du nerf hypoglosse par la section des cylindraxes. Dissolution de la substance chromatique, turgescence du cytoplasma, ectopie du noyau. Les phénomènes de chromatolyse. ***Phase de réaction à distance*** (Nissl, Marinesco) ou dissolution des éléments chromatiques. ***Phase de réparation*** (Marinesco) ou reformation de ces éléments ; état pyknomorphe, 1695-97 ; 1703. — Doctrine de van Gehuchten : pas de dégénérescence du neurone (Nissl, Marinesco). Intégrité conservée du réseau protoplasmique. Régénération du nerf sectionné (Vanlair). Réaction des cellules des ganglions spinaux à la section ou ligature du prolongement périphérique ; différence entre la réaction d'une cellule motrice et d'une cellule sensitive : au lieu d'entrer dans la phase de réparation, celle-ci verse dans la dégénérescence, 1697-99. — Réactions des cellules des ganglions spinaux à la section de la branche périphérique et de la branche ceutrale. Lugaro. Action trophique des excitations centrales et périphériques du neurone. Goldscheider et Marinesco. Causes de la régénération du neurone moteur et de la dégénération du neurone sensitif des ganglions spinaux. Action trophique exercée par le protoneurone sensitif sur le deuxième, etc., neurone, 1700-3. — Types de chromatolyse : périphérique, périnucléaire, diffus. Chromatolyse des neurones moteurs de la moelle à la suite de l'interruption des fibres cortico-spinales comparée à celle des cellules dorsales du pneumogastrique après la section du nerf périphérique, 1704-5. — Recherches sur l'origine des nerfs crâniens fondées sur la réaction cellulaire qui suit la section expérimentale du cylindraxe d'un neurone moteur. Van Gehuchten. Van Biervliet, 1706. — Territoire des cellules d'origine du facial supérieur dans le noyau de la VIIe paire déterminé par G. Marinesco. Participation du facial supérieur à l'hémiplégie de cause centrale. Doctrines anciennes. Todd, Eichhorst, Charcot, 1706-7. — Observations cliniques établissant que le ***frontal***, l'***orbiculaire*** des paupières et le ***sourcilier*** ne restent pas indemnes dans l'hémiplégie cérébrale. Grasset, Erb, Brissaud, etc. Pugliese et Milla. Recherches sur la dissociation unilatérale des mouvements synergiques des mouvements des yeux. Centres spéciaux d'innervation des mouvements asynergiques acquis ou néoformés. Le symptôme de Révillod. Travail de dissociation des contractions volontaires des muscles des moitiés gauche et droite de la face réalisé chez Sikorski, 1708-9. — Centres d'innervation du facial sur l'aire motrice du cerveau. Physiologie expérimentale. Hitzig, Ferrier, Luciani et Tamburini. Expériences directes sur l'Homme et observations anatomo-cliniques sur le centre des mouvements volontaires du facial supérieur (tiers inférieur de F_3 contigu au pied de F_2), 1709-11 ; 1717. — Bilatéralité fonctionnelle du centre cortical de la branche supérieure du facial. Trajet de l'écorce cérébrale aux noyaux protubérantiels. Capsule interne : les faisceaux du facial inférieur passent dans le genou de la capsule interne et ceux du facial supérieur dans la portion antérieure du genou. Paralysie isolée, dans les hémiplégies capsulaires, des membres supérieurs et inférieurs avec intégrité des muscles de la face. Le contraire dans les hémiplégies corticales par thrombose ou embolie de l'artère sylvienne, 1712-13. — Noyau des cellules radiculaires de la VIIe paire. Genou du facial. Le faisceau radiculaire du facial ne reçoit point de fibres du noyau de la VIe paire. Doctrine erronée d'où procède la dénomination de noyau supérieur du facial ou noyau commun du facial et de l'oculomoteur externe donnée à l'***abducens*** (M. Duval, Testut). Le noyau du facial supérieur fait partie intégrante du noyau commun du facial, 1714. Expériences de Gudden, de Mendel, van Gehuchten, R. y Cajal. Démonstration anatomo-pathologique de J. Dejerine, 1715. — Les trois régions d'origine du facial déterminées par Marinesco dans le noyau de la VIIe paire. Entrecroisement partiel des fibres radiculaires du facial. Types cellulaires des groupes de neurones constituant le noyau du facial ; réaction du groupe moyen à la section du facial supérieur, 1716. — Activité fonctionnelle surtout unilatérale des centres corticaux de la branche inférieure du facial ; activité bilatérale des

muscles frontaux ; contraction d'ordinaire unilatérale des muscles orbiculaires, 1717. — Diversité de résistance réactionnelle à la section du cylindraxe des cellules d'un même noyau moteur et des cellules motrices des ganglions cérébraux et spinaux. Van Gehuchten, 1718. — Pathologie cellulaire du tabes. Hypothèse de Schaffer, etc., pour expliquer l'absence de chromatolyse des cellules des ganglions spinaux chez les tabétiques, 1719-20.

IV. **Michael von Lenhossek.** — Nature et mode de propagation du courant nerveux dans la théorie du contact qui a succédé à celle du réseau nerveux diffus de Gerlach et de Golgi. Critique, présentée par Lenhossek, des conséquences qu'aurait à subir la théorie des neurones des nouvelles méthodes de coloration d'Apathy et de Bethe. Faits et opinions. Même chez les Arthropodes Bethe n'a pu se convaincre de l'existence du réseau fibrillaire théoriquement admis par Nissl. Les « grands mots » de Nissl, 1721-23. — I. *Faits anatomiques*. Accord des observations histologiques de Bethe avec celles de Lenhossek et de Retzius, 1723. — Conception du neuropile de His, complexus de fibrilles à terminaisons libres (feutrage), comme d'un réseau central élémentaire. Aucun rapport direct démontré par Bethe entre fibrilles provenant de neurones différents. Présomption de l'existence, chez *Hirudo*, du réseau d'Apathy. La « théorie » des neurones vérifiée aussi bien par les images au bleu de méthylène qu'avec les préparations au Golgi. Les observations d'anastomoses d'abord tenues pour erronées par Bethe, 1724-25. — II. *Faits physiologiques*. Exposé et critique des expériences de Bethe chez les Crustacés (*carcinus maenas*). Expériences de M. Veworn. Doctrine de Nansen sur les fonctions purement trophiques du corps cellulaire, 1725-29. — Légitimité de la théorie actuelle des neurones. Raisons invoquées par Lenhossek, 1729. — Mécanisme des processus psychologiques (conservation des souvenirs, évocation des images, etc.) selon Bethe et selon Lenhossek. Tout événement psychique résulterait du jeu des *stimuli* extérieurs dans les réseaux fibrillaires de l'écorce cérébrale. Modifications permanentes du substratum cellulaire déterminant les réactions particulières de chaque cerveau. Comparaison de Lenhossek, renouvelée de Descartes et de Charcot, du mécanisme des opérations mentales et de celui qui fait mouvoir les touches d'un clavier d'orgue, 1730-31. — Interprétation, donnée par Cajal, de l'erreur des partisans de l'existence d'un réseau fibrillaire interstitiel. Les préparations de Bethe ne démontrent point, selon Edinger, l'existence, chez les Vertébrés, d'un réseau élémentaire intercellulaire. L'unité du neurone, unité biologique, demeure debout.

Unité de plan du système nerveux central des Invertébrés et des Vertébrés. Les axodendrites des cellules unipolaires des ganglions centraux des Invertébrés, 1731-33. — I. *Histologie du neurone*. Définition de la cellule nerveuse, comprenant les cellules neuroépithéliales des organes périphériques des sens, quoique dépourvues de cylindraxes et de dendrites. Constitution de toutes les autres unités nerveuses : neurocyte, neuraxone (monaxone, diaxone, polyaxone). L'axone et ses paraxones ou collatérales. Mode de terminaison de l'axone. Dendrites ; ils forment un tout avec le corps cellulaire ; l'axone, produit de la cellule, en est plus indépendant, 1733-35. — Mode de nutrition du neuroblaste et de la cellule adulte. Importance trophique des dendrites, centuplant au moins l'étendue des cellules des cornes antérieures, de Purkinje, etc. Point de rapport entre les dendrites et les vaisseaux sanguins. La lymphe d'où les cellules et leurs prolongements tirent leurs matières nutritives, 1735-36. — Mode de nutrition de la fibre nerveuse ; les nerfs périphériques tirent leur nutrition des milieux qu'ils traversent ; influence trophique de la cellule sur l'axone. Dégénération wallérienne. Le noyau, facteur trophique de la cellule. Expériences de mérotomie, 1736. — Mécanisme de l'influence trophique du corps cellulaire sur ses prolongements. Critique de l'hypothèse de Marinesco-Goldscheider. Non l'abolition de la fonction nerveuse du neurone, mais l'effet de la solution de continuité de l'axone avec son organe terminal (muscle, peau), détermine sa mort. Explications différentes pour la dégénération des cellules des ganglions spinaux et celle des neurones moteurs radiculaires consécutive à la section du prolongement périphérique, 1737-38. — Structure des cellules des ganglions spinaux de l'Homme. Les blocs *tigroïdes*, 1738. — Structure de la substance fondamentale du protoplasma cellulaire. Acquiescement de Lenhossek à la théorie fibrillaire de W. Flemming. Examen de préparations d'animaux empoisonnés par l'arsenic : chromatolyse périphérique laissant apparaître nettement une structure fibrillaire, 1739. — Flemming et les théories fibrillaire et réticulaire du cytoplasma et du karyoplasma. Historique, 1740-41. — Propriétés physico-chimiques du protoplasma. Cytologie actuelle de Flemming. Parties vivantes de la cellule, 1742-43. — Coloration de Becker. La partie achromatique du protoplasma cellulaire continuité directe des fibrilles des prolongements cylindraxiles et protoplasmiques. Nissl. Dogiel et la disposition des fibrilles du cône d'origine à travers le corps cellulaire. Opinions des auteurs sur la présence ou l'absence de granulations chromatiques dans le cône d'origine. Structure fibrillaire du cône et de l'axone, 1743-44. Provenance et structure granuleuse des blocs chromatiques. De Quervain. Lenhossek. Flemming. Held. Les Nissl-*Körper* matières dissoutes par le procédé de fixation. Cytologie de Held, 1745-48. — Le volume et la structure du noyau, du nucléole et des cellules des ganglions spinaux sont en rapport avec l'importance fonctionnelle des parties du corps auxquelles appartiennent les nerfs périphériques correspondants, 1748. — II. *Physiologie du neurone*. Toute action fonctionnelle d'un neurone n'est qu'une réaction au milieu externe. La cellule olfactive, exemple unique de réception directe des *stimuli* externes. Direction du courant des monaxones, toujours cellulifuge, 1748-50. — De même pour les diaxones, au moins chez les vertébrés. Cellules de Lenhossek et terminaisons libres de Smirnow, 1751. — Les collatérales. Fonctions réceptrices des fibrilles latérales de l'axone, ou ramuscules émis par ce prolongement encore amyélinique au sortir de la cellule ; conduction cellulipète comme celle des dendrites. Ces axodendrites com-

parés aux paraxones des cellules motrices unipolaires des Invertébrés, 1752-53 ; 1760. — Critique de Golgi sur la structure histologique de la couche moléculaire du cerveau et du cervelet et sur les fonctions physiologiques des dendrites. Les dendrites n'intervenaient pas comme éléments de l'arc réflexe dans l'hypothèse du réseau diffus cylindraxile de Golgi ; fonction nerveuse d'organes de réception rendue aux dendrites, 1753. — Critique de l'hypothèse, ne reposant sur aucune observation directe, de Rabl-Rückhard, 1754. — Hypothèse de Hill. Expériences de Demoor ; résultats négatifs de Lugaro parti d'expériences identiques. Époque d'apparition des dendrites dans la moelle épinière, l'écorce du cerveau et du cervelet ; formes anatomiques à morphologie fixe ou stable, 1755-57. — Vérification de la loi de la polarisation dynamique à propos d'une question d'histophysiologie soulevée par Golgi. van Gehuchten. Cajal. Retzius. Kölliker, 1757-59. — Direction du courant dans les prolongements dendritiformes des amacrines de la rétine, etc., 1760. — Hypothèse de Lenhossek sur les rapports fonctionnels des neurones entre eux. Cause déterminante des différents types de dendrites entrant en contact par leurs ramifications avec un nombre trop considérable de fibres afférentes pour que des conductions isolées soient possibles. Le protoplasma cellulaire et ses dendrites ne réagissent, d'une manière efficace, qu'à certaines excitations. La cellule nerveuse, à la manière d'un résonateur, pour des excitations déterminées. Développement psychique et production d'associations nouvelles sans accordée néoformation de ramifications dendritiques, 1760-61.

Les protoplasmas végétal et animal et les fonctions psychiques. — Nature de la vie et de ses propriétés psychiques observées dans les Protozoaires et les Protophytes. Les protoplasmas. Origine commune des corps vivants d'une série chimique sensiblement uniforme. Les phénomènes de tropisme positif et négatif chez les Végétaux et les Animaux, un des plus solides fondements de la psychologie physiologique, 1763-65. — La physiologie végétale contemporaine. W. Pfeffer. Analyse des fonctions les plus élevées des tissus végétaux. Sensibilité, perception, excitation, réaction (mouvements, échanges organiques, sécrétions, etc.) ; le stimulus n'est que la condition, externe ou interne, du processus entier. Errera. Excitabilité implique sensibilité et perception. Rapports définis de l'excitation et de la réaction ; loi de Weber vérifiée chez les végétaux, 1766. — Mêmes problèmes de physiologie générale chez les Plantes et les Animaux. Sensibilité végétale et animale. Réactions des plantes grimpantes au contact, aux rayons chimiques du spectre ; sensibilité chimiotaxique des Bactéries, etc. Mouvements nyctitropiques et héliotropiques. Localisation séparée des fonctions de perception et de réaction ; faculté de courbure hydrotropique des racines, 1767. — Le protoplasma, organisme élémentaire vivant, déjà assemblage de fonctions et d'organes des plus hétérogènes. Réactions des protoplasmas. Difficulté croissante de l'étude des états internes qu'on nomme psychiques chez les Animaux et les Plantes. Légitimité des inductions sur les phénomènes de cette nature impliquées par la communauté d'origine de la matière vivante depuis l'Algue jusqu'à l'Homme. Nature de l'analogie sur laquelle se fonde la probabilité croissante et décroissante de l'existence de sentiments correspondants à l'état d'organisation chez les Animaux, les Insectes et les Plantes selon Laplace. Les réactions de l'activité automatique des Invertébrés comparées par Laplace à celles qui rapprochent les molécules des cristaux ; « affinité animale », 1768-70. — La conscience et l'organisation des réflexes ; leur finalité n'implique aucune volonté primordiale. Sélection naturelle et téléologie mécanique de tous les organismes. L'activité de tous les corps vivants accompagnée d'états internes. Variations et adaptations fonctionnelles et structurales des réactions aux excitations de nature hétérogène condition de la persistance dans l'être de l'individu et de l'espèce. Hypesthésie progressive des états les plus obscurs de cénesthésie accompagnant toute activité réflexe provoqués par les réactions chimiotropiques, thermotropiques, etc. En quel sens les réflexes spinaux sont dits inconscients. Le degré de conscience d'un phénomène psychique est en raison directe de son degré d'organisation. Réflexes organisés des Hyménoptères. La conscience n'enlève ni n'ajoute rien aux processus tout mécaniques des réflexes, seuls événements psychiques connus, 1770-71. — La psychologie, science des propriétés psychiques de la matière vivante, fondée sur le déterminisme des sciences physico-chimiques. Lavoisier. Cl. Bernard. Le Protozoaire, l'Invertébré et le Vertébré, machines réflexes sentantes. L'Homme automate intelligent. Possibilité, pour les réactions de la matière vivante, de redevenir, avec le changement des conditions externes ou internes, d'inconscientes (hypesthésiques) conscientes, 1772 ; 1778. — Critique des vues d'A. Bethe sur les fonctions psychiques des Fourmis et des Abeilles. La psychologie n'est point limitée à l'étude des fonctions conscientes de la matière vivante. Habitudes utiles héréditaires des Vers de terre, mouvements de protection héréditaires des Végétaux ; processus psychiques comparables à ceux du cerveau d'un animal inférieur. Ch. Darwin. La part de l'intelligence dans tous ces processus psychiques est nulle. Point d'intelligence chez la Plante ou l'Animal dépourvus de centres nerveux d'association, 1773-74. — Le protoplasma n'a point de *moi*. W. Preyer. Genèse de l'idée ou représentation crépusculaire d'un moi individuel, condition des processus conscients supérieurs : subordination et centralisation des sensations et réactions motrices dans un organe. Steiner. Les sens et l'intelligence. Des Protozoaires aux Métazoaires, possibilité de division en parties de l'agrégat psychique. L'unité réelle des fonctions psychiques n'existe jamais même dans les organismes à localisation et spécialisation psychique très élevée, 1775-76. — Phylogénie de « l'âme » humaine. Phylogénie et ontogénie des organes psychiques. Preuves empruntées à l'anatomie comparée, à l'embryologie, à la physiologie et à la pathologie du système nerveux central. Haeckel. Conditions élémentaires de la conscience. Critique de la doctrine de Forel sur la priorité de l'activité plastique de l'intelligence au l'activité automatique secondaire. La condition d'apparition d'une conscience réalisée, non

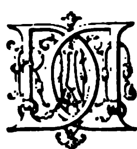
par les neurones, mais par leur association, 1776-78. — Descartes et l'automate psychique. Inconscients ou conscients, tous les processus psychiques sont automatiques et soumis, comme toutes les autres fonctions des corps vivants, au déterminisme mécanique. Si les sensations et l'intelligence échappaient au nombre et à la mesure (Kant), elles ne seraient pas objet de science. Continuité de tous les phénomènes de la nature. Degré d'avancement différent des sciences physiques et biologiques, 1778-79. — Où commence, où finit l'intelligence ? L'écorce du télencéphale, condensateur général de toutes les énergies psychiques des éléments anatomiques. Représentation du monde, à tous les degrés, dans les cellules vivantes, isolées ou associées en tissus, 1780. — Racines d'une psychologie future. Tout ce qui est en dehors de la sensation est l'inconnue x, 1780-82.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

ERRATA

Page	2.	ligne 13.	*lire* : Alcméon
		37,	Théophraste
	20.	5.	Parménide
	30,	32.	démon
	33,	26,	monde
	93,	20.	s'imposent
	124.	12.	opposer
	256,	37.	τῷ
	288,	10,	par
	364,	36,	1591
	424,	20,	ubicunque
	495,	4,	c'est-à-dire à
	515,	5,	résulte
	726,	35,	la
	800,	30,	thyroïdine-thèrapie
	878,	43,	Eberstaller
	930.	19,	métencéphale
	932,	10,	des extrémités et de la face
	1054,	40,	*Bulbär-*
	1096,	32,	musculaire
	1127,	28,	Thorburn
	1165,	3,	P_1
	1231,	19,	Afanassiew
	1278,	37,	Heidenhain
	1427,	6,	Vers, Arthropodes
	1461,	15,	ne constituent pas un neurone de 4e ordre de même que...
		16,	s'irradiant
	1517,	8,	temporal
	1531,	12,	La
	1745,	28,	Nissl-*Körper*

TABLE GÉNÉRALE



CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.

